

## ŘADA B PRO KONSTRUKTÉRY

### ČASOPIS PRO ELEKTRONIKU A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ

ROČNÍK XXXI/1982 ČÍSLO 2

#### V TOMTO SEŠITĚ

Elektronika a energetické  
úspory ..... 41

#### ZAJÍMAVÁ A PRAKTICKÁ ZAPOJENÍ

##### Měřicí a indikační přístroje

Univerzální měřicí přístroj s OZ	42
Ss a st milivoltmetr	43
Ss, st a nf voltmetr s velkou vstupní impedancí	43
Zkoušeč $f_T$ tranzistorů	44
Zkoušeč průrazného napětí	45
Zkoušeč šumového čísla	45
Nf měřicí impedance	46
Měření malých odporů	46
Indikátory plynů	47
Měření spotřeby benzínu	48
Digitální otáčkoměr pro auta	50
Anemometry	51
Měření indukčnosti na měřicí kmitočtu	52
Digitální expozimetr pro zvětšování	54
Expozimetr pro „blesk“	55
Charakteristiky na osciloskopu	57
Voltmetr z kalkulátoru	58
Otáčkoměr a měřič uhlí sepnutí kontaktů	59
Číslicový fotometr	60

##### Generátory signálů

Přesný síťový kmitočet pro hodiny	62
Výkonový ultrazvukový generátor	64
Generátory funkcí	65 až 67

##### Různé aplikovaná elektronika

Přesné usměrňovače	67
Akustické spínače	70
Monitor srdečního rytmu	72

## AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B

Vydává ÚV Svazarmu ve vydavatelství NAŠE VOJSKO, Vladislavova 26, 133 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7. Šéfredaktor ing. Jan Klábal, redaktor Luboš Kalousek, OK1FAC. Redakční rada: RNDr. V. Brunnhofer, K. Donát, V. Gazda, A. Glanc, I. Harminec, M. Háša, Z. Hradský, P. Horák, J. Hudec, ing. J. T. Hyán, ing. J. Jaroš, doc. ing. dr. M. Joachim, ing. F. Králík, RNDr. L. Kryška, J. Kroupa, ing. E. Měc, V. Němec, RNDr. L. Ondříš, ČSc., J. Ponický, ing. E. Smutný, V. Teska, doc. ing. J. Vackář, laureát st. ceny KG, J. Vorlíček, ing. J. Zima.

Redakce Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7. Šéfredaktor linka 354, redaktor linka 353, sekretářka linka 355. Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, pololetní předplatné 15 Kčs. Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství NAŠE VOJSKO, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovat. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS, ústřední expedice a dovoz tisku, závod 01, Kalkova 9, 160 00 Praha 6. Tiskne NAŠE VOJSKO, n. p., závod 08, 162 00 Praha 6, Vlastina 710.

Za původnost a správnost příspěvku odpovídá autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy pouze po 14. hodině. Číslo indexu 46 044.

Toto číslo má vyjít podle plánu 16. března 1982.

© Vydavatelství NAŠE VOJSKO

# ELEKTRONIKA A ENERGETICKÉ ÚSPORY

Stěžejním cílem sedmého pětiletého plánu, který vychází z hospodářské a sociální politiky KSC, je i při podstatně obtížnějších vnějších a vnitřních ekonomických podmínkách udržovat a zkvalitňovat dosaženou vysokou životní úroveň obyvatelstva a jeho sociální jistoty. K jejich zajištění je třeba vytvořit podmínky vedoucí k výraznému zvýšení hospodárnosti na všech úsecích národního hospodářství.

Je tedy třeba, abychom ještě lépe využívali všech činitelů vedoucích k ekonomickému rozvoji. Znamená to tedy, že z daného množství surovin, paliv, energie a materiálů musíme napříště vyrábět více než doposud, že musíme dosáhnout výraznější produktivity práce. Tímto směrem je třeba orientovat veškerou pracovní iniciativu, socialistické soutěžení, k tomu musí směřovat realizace programů komplexní socialistické racionalizace, novátorské a zlepšovatelé hnutí, prostě soustředěné úsilí celé naší společnosti. Přechod na intenzifikaci rozvoje celého národního hospodářství vyžaduje dosáhnout výrazného obrátu na těch úsecích, které jsou pro celkový růst výkonnosti podniků a celého národního hospodářství rozhodující. Jde zejména o to důsledně se orientovat na snižování materiálové a energetické náročnosti výroby, opírající se o strukturální i technologické změny ve výrobě, a na výrazné zrychlení a zvýšení účinnosti vědeckotechnického rozvoje. V „Usnesení ÚV KSC k návrhu státního plánu hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR na rok 1982 a k návrhu zákona o 7. pětiletém plánu ČSSR“, které bylo přijato na 5. zasedání ÚV KSC, se říká, že:

„Hlavní cestou ke snižování materiálové a energetické náročnosti je výrobová a technologická inovace. Vyžaduje podstatně zvýšit účinnost práce konstrukčních, technických a technologických pracovišť. Ústřední výbor se obrací na konstruktéry, projektanty a techniky, na přední dělníky, zlepšovatele a novátory, aby spojili své síly, zkušenosti, znalosti a schopnosti k realizaci opatření, která přinesou vyšší zhodnocování surovin a energie, urychlení technického pokroku, lepší využití základních fondů, zvýšení kvality a hospodárnosti výroby. Na všech stupních řízení je třeba rozhodněji přistupovat k uplatnění výsledků vědy a techniky ve výrobě s vědomím, že je to rozhodující prostředek k růstu produktivity práce v průmyslu, stavebnictví, dopravě i zemědělství.“

Jednou z oblastí, kde lze velmi výrazně realizovat opatření ke snižování materiálové a energetické náročnosti, je právě důsledné uplatnění a využití mikroelektroniky a jejích aplikací tam, kde dosud byly uplatňovány zejména tradiční mechanické a elektromechanické systémy a servomechanismy. V tvorbě elektrické energie je třeba se zaměřit na netradiční formy jejího získávání, jako třeba využíváním vodních elektráren na menších tocích, ale zejména budováním jaderné energetiky, kde máme doposud značný dluh oproti jiným vyspělým státům. Tak např. v USA se jaderné elektrárny podílejí zhruba 13 % na výrobě elektrické energie, v NSR je uvažováno 17 % pokrytí takto získanou elektrickou energií a v SSSR má podíl jaderných elektráren v 11. pětiletce vzrůst z dnešních 6 % na 14 %.

Abys mohlo dosáhnout již v blízké budoucnosti výrazného uplatnění elektroniky v různých odvětvích národního hospodářství, bude se rozvíjet elektrotechnický průmysl v ČSSR zaměřovat zejména na rozvoj součástkové základny, na zkvalitnění a modernizaci spotřební elektroniky, na výpočetní a automatizační techniku a na zdravotnickou techniku. Tempo rozvoje i růstu v hlavních oblastech bude mít diferencovaný průběh. Priorita patří naprosto jednoznačně rozvoji progresivní

součástkové základny, zejména mikroelektroniky, která má ve výrobě zboží dosáhnout v r. 1985 až 180,5 % (v poměru k r. 1980). Za ní pak následuje spotřební elektronika (155,1 %), výpočetní a automatizační technika v jedné rovině se zdravotnickou technikou (148 %), měřicí a laboratorní přístroje (145,1 %) a investiční elektronika (143,1 %).

Výrazný průnik polovodičové a integrované elektroniky do spotřební a administrativní techniky umožňuje řešit ji jako přenosnou, což ovšem bude klást značné zvýšené nároky na elektrochemické zdroje proudu (baterie). V této oblasti však zatím není v nejbližším období výhled na vyřešení problému jak co do sortimentu a kvality, tak i výroby v požadovaném množství. Urychlené nasazení mikroelektronických zařízení v masovém měřítku do běžné spotřebitelské sítě a celé administrativy výrazně sníží materiálovou i energetickou náročnost jak při výrobě, tak i při využívání této nové techniky.

Typickým příkladem neekonomičnosti je teprve nedávno zastavená výroba elektromechanické počítací „Nisa“, kterou mnohonásobně předčí i ta nejjednodušší elektrická kalkulačka. A přesto se tato „monstra“ ještě objevují v prodejní síti, i když se všeobecně ví, že jsou již neprodejné. U televizorů a rozhlasových přijímačů provozovaných v domácnostech je stále ještě vysoké procento elektronických přístrojů, které mají tři až čtyřnásobnou spotřebu elektrického proudu proti přístrojům osazeným polovodiči. U výroby hodin, budíků, nástěnných hodin apod. je rovněž doposud zavedena energeticky i materiálově náročná výroba mechanických typů (opět hlavně na sklad), zatímco všude jinde (soc. státy nevyjímaje) se již několik let vyrábějí elektronické hodiny a hodinky.

V řadě průmyslových odvětví lze zase zavedením moderních automatizovaných zařízení, jako jsou elektronická řízení příkonu podle zatížení, náhrada odporových reostatů tyristorovým řízením atd., zajistit výraznější úspory energie. Také inovací strojírenských a textilních zařízení, jako je uplatnění číslicového řízení obráběcích strojů apod., se výrazněji sníží pracnost a tím i spotřeba elektriny. Zavedením elektronického příslušenství do motorových vozidel se může snížit spotřeba pohonných hmot o 15 až 30 procent, přičemž se zároveň zvýší životnost motoru asi o 30 procent a sníží se škodlivé exhalace. V sousední NSR se například důsledným zavedením elektronicky řízených regulátorů spotřeby paliva u velkých kotlů a spalovacích motorů dosáhlo snížení měrné spotřeby paliva ze 408 mil. tun v r. 1979 na 370 mil. tun v r. 1980.

Pokud se nám podaří zajistit komplexní elektronizaci v čs. národním hospodářství, může to do r. 1990 přinést, jak uvedl ing. Fr. Haman, náměstek federálního ministra elektrotechnického průmyslu, úsporu přes 300 tisíc pracovních sil a 15 % úspory elektrické energie.

Je proto nanejvýš žádoucí, abychom měli neustále na paměti, že nejlevnějším zdrojem energie je její hospodárné a co nejdokonalější využití a to jak při její tvorbě a přeměně, tak zejména při jejím využití ve všech odvětvích národního hospodářství včetně domácností. Cesta vedoucí k vyšším úsporám elektrické energie je tedy známa, je jen třeba skoncovat se zjetými, avšak zastaralými způsoby výroby i provozu a nastoupit cestu jejich inovace zejména důsledným uplatňováním prvků automatizace a mikroelektroniky.

JaK

# ZAJÍMAVÁ A PRAKTICKÁ ZAPOJENÍ

Ing. Zdeněk Medek

## Jaksi úvodem

Myslím, že vynalézat již vynalezené není právě neefektivnější činnost. Proto není nikdy na škodu podívat se „kolem sebe“, např. do článků uveřejněných v různých zahraničních odborných časopisech, v nichž mnohdy nalezneme i to, co právě potřebujeme, nebo co již dokonce vyvíjíme v „potu tváře“.

Celá záležitost však přece jen není tak jednoduchá. Budoucnost amatéra-elektronika nevidím v různých barvách, a to z několika důvodů. Je to jednak otázka nedostatečných kusů a často ne právě nejčerstvějších informací o nových výrobcích, což má „na svědomí“ velmi rychlý rozvoj elektroniky. Včera ještě byly např. obvody TTL vrcholem technického pokroku, dnes, podle slov jednoho francouzského časopisu, patří do muzea. I když tomu tak jistě doslova není, světový trend je jednoznačný: málokdy již najdeme v časopisech zapojení jen s klasickými obvody TTL, a když se objeví, jsou to už jen typy S nebo LS, funkce „klasických“ obvodů plně převzaly obvody CMOS, o jejichž přednostech se není třeba šířit. Co má však dělat náš amatér, který obvody CMOS většinou zná jen z doslechu a nemá je k dispozici? To však není zdaleka vše. Funkce jednotlivých obvodů (hradel, děličů apod.) převzaly komplexní funkční celky, jako předtím funkce diskrétních součástek převzaly IO. V průmyslově vyspělých zemích obvykle nikoho ani nenapadne, aby kupř. převodník A/D nebo čítač apod. „smolil“ z klasických obvodů TTL i CMOS, může-li celý funkční blok získat za přijatelnou cenu ve formě příslušného integrovaného obvodu.

Přes uvedené skutečnosti jsme se pokusili vybrat ze zahraničních časopisů takové články, v nichž se popisují přístroje, konstruované bez speciálních obvodů, tj. takové přístroje, které lze z větší části realizovat z dostupných součástek.

Výběr článků nebyl lehký, museli jsme probrat „haldy“ časopisů a podívat se i do starších ročníků – z již uvedených důvodů.

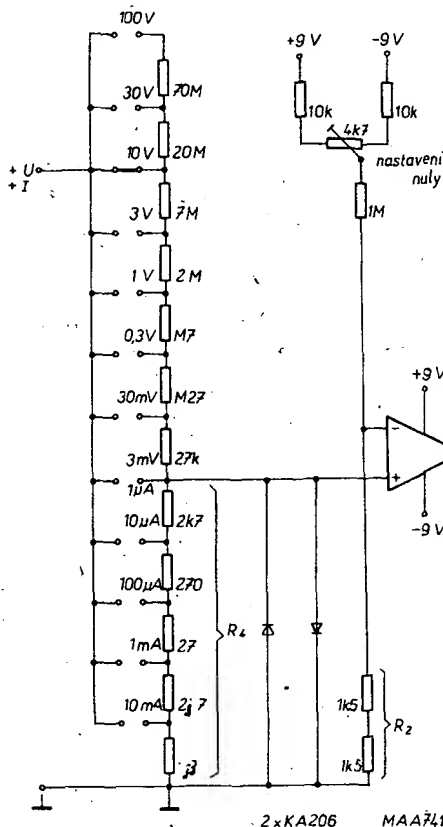
Pochopitelně, že převážná část zapojení nemohla být ověřena, spoléháme na serióznost odborných časopisů, a doufá-

me, že každý čtenář najde v našem výběru i „něco pro sebe“.  
Léto – podzim 1981

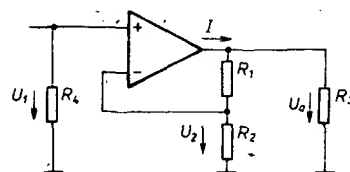
## Měřicí a indikační přístroje

### Univerzální měřicí přístroj s operačním zesilovačem

Univerzální měřicí přístroj s velkým vstupním odporem a dostatečnou citlivostí je téměř nepostradatelný pro kon-



strukci přístrojů s polovodičovými prvky. S použitím operačního zesilovače je možné i v jednoduchém zapojení dosáhnout velmi dobrých vlastností. Použitelná základní zapojení operačních zesilovačů



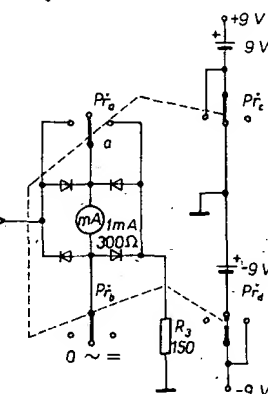
Obr. 1. Zjednodušené schéma zapojení univerzálního měřicího přístroje s OZ

a potřebné vztahy pro výpočet jsou známy z literatury. Pro dále popsaný univerzální měřicí přístroj bylo použito zapojení podle zjednodušeného schématu na obr. 1.

Pro přibližně ideální zesilovač, pro který platí rovnice

$$U_0 = A_0 (U_1 - U_2), \quad (1)$$

kde  $A_0$  je zesílení při otevřené smyčce, platí v tomto zapojení



Obr. 2. Skutečné schéma zapojení univerzálního měřicího přístroje

$$U_2 = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Odtud s použitím rovnice (1)

$$U_0 = U_1 \frac{A_0(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + A_0 R_2} \quad (3)$$

Určíme výstupní proud

$$I = \frac{U_0}{R_3} + \frac{U_0}{R_1 + R_2} \quad (4)$$

Odtud s použitím rovnice (3)

$$I = U_1 \frac{A_0(R_1 + R_2 + R_3)}{(R_1 + R_2 + A_0 R_2) R_3} \approx U_1 \frac{R_1 + R_2}{R_2 + R_3} + \frac{U_1}{R_2} \quad (5)$$

Přibližný výraz v rovnici (5) platí pro  $R_1 + R_2 \ll A_0 R_2$ . Pro kompenzaci vlivu klidového vstupního proudu je třeba, aby vstupy operačního zesilovače byly zatíženy přibližně stejnými odpory. V zapojení podle obr. 2 by odpory  $R_1$ ,  $R_2$  a  $R_3$  z obr. 1 měly být co nejstejnější, aby se nenarušovala dosažená teplotní stabilita. Protože

Soubor opatření ke zdokonalení soustavy plánovitého řízení národního hospodářství přináší mnohé, co bude při důsledném uplatňování znamenat podstatné zlepšení proti současnému stavu. V tomto čísle jsme vybrali ze „Souboru“ myšlenky směřující k energetickým i materiálovým úsporám.

– Soubor opatření má vytvořit podmínky k tomu, abychom využili velké vnitřní síly a rezervy i abychom rozvinuli novou inicia-

tivu lidí, uplatnili jejich dobré nápady a získali je pro aktivní účast na řešení problémů a plnění daných úkolů. Ujasněné úkoly, dobře organizovaný a rytmický výrobní proces, účinná hmotná zainteresovanost, to jsou faktory, které nepochybně budou příznivě působit na vztah k práci, budou podněcovat pracovní morálku a iniciativu a působit proti formálním závazkům v soutěžení. Máme za to, že rozvoj aktivity pracujících bude možné mnohem lépe než dosud zaměřovat na kvalitativní ukazatele plánu, na zvyšování kvality výrobků, exportní schopnosti, na úspory a vyšší zhodnocování surovin, energie a materiálů.

proud / závisí prakticky jen na vnějších odporech IO, je možné pro přístroj použít různě citlivá měřidla. Při výběru měřidla je však třeba dbát, aby proud pro plnou výchylku ručky měřidla byl  $I_{max} \leq 100 \mu A$ . V praxi se osvědčilo měřidlo 1 mA s vnitřním odporem  $R \approx 2 k\Omega$ . Univerzální voltampérmetr (přesnější milivolt-mikroampérmetr) má vstupní odpor 1 M $\Omega$ /V. Při měření proudu vzniká na všech rozsazích přístroje napěťový úbytek 3 mV pro plnou výchylku ručky.

Přístrojem je možné měřit i střídavá napětí. Při použití germaniových diod v detektoru má přístroj na rozsahu 3 mV počátek stupnice do 30  $\mu V$  nelineární vlivem charakteristiky diod, což je možné zanedbat – pak lze pro stejnosměrná i střídavá napětí použít lineární stupnice. Na střídavých rozsazích přístroj ukazuje aritmetickou střední hodnotu vstupní veličiny při dvoucestném usměrnění. Pro sinusové vstupní signály platí, že  $U_{ef}$  je 1,11  $U_0$  na stejnosměrné stupnici.

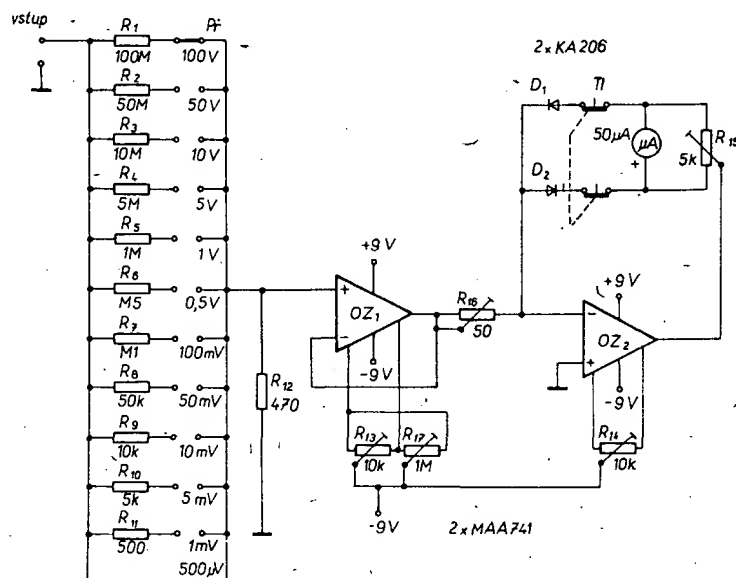
Přesnost a kalibrace přístroje jsou prakticky nezávislé na teplotě a napájecím napětí. Případný vliv změny napájecího napětí je možné snadno korigovat. Výhodou zapojení je možnost libovolné změny nulového bodu (např. nulu může mít ve středu stupnice). Dělení stupnice zůstává lineární, dosažitelná přesnost je 1 % při použití odporů s tolerancí 2 %. Teplotní drift je 0,2 %/°C.

Konstrukce přístroje je tak jednoduchá, že není ani nutné použít desku s plošnými spoji. Skříňka přístroje by měla být stíněná. Přístroj je možné doplnit jednoduchým zdrojem konstantního proudu pro měření odporů.

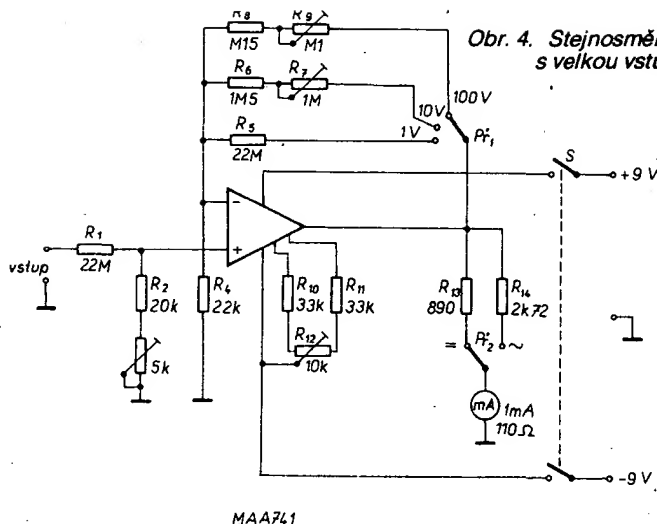
Funkschau č. 17/1973

## Stejnoscemný a střídavý milivoltmetr

Přístroj má dvanáct rozsahů (500  $\mu V$  až 100 V) pro plnou výchylku ručky měřidla. Vstupní odpor je 1 M $\Omega$ /V, na střídavých rozsazích se používá násobitel 1,2. Ze schématu na obr. 3 je zřejmé, že operační zesilovač OZ<sub>1</sub> se používá jako napěťový zesilovač, OZ<sub>2</sub> jako lineární detektor. Napětí přivedené na invertující vstup OZ<sub>2</sub> se zesílí a invertuje. Rozdíl mezi vstupním a výstupním napětím je dostatečně veliký, takže pevný napěťový úbytek na diodách D<sub>1</sub> a D<sub>2</sub> lze zanedbat v porovnání s napětím na sériově zapojené části R<sub>15</sub>. Úbytek na



Obr. 3. Stejnoscemný a střídavý milivoltmetr



Obr. 4. Stejnoscemný, nf a vf voltmetr s velkou vstupní impedancí

diodách kolem 0,7 V také neomezuje měřené údaje. Při kladném vstupním napětí OZ<sub>2</sub> protéká proud diodou D<sub>2</sub>, kontakty tlačítka T1, měřidlem a částí R<sub>15</sub>, při záporném vstupním napětí proud protéká z kladného výstupu přes diodu D<sub>1</sub> na vstup. Tím se zmenšuje vstupní impedance OZ<sub>2</sub> na rozsahu 500  $\mu V$  na řádově jednotky ohmů. Proto je před lineární usměrňovač zapojen napěťový sledovač, zajišťující velkou vstupní impedanci voltmetru a malou výstupní impedanci, nezbytnou pro správnou funkci lineárního usměrňovače.

K dosažení optimální funkce přístroje je třeba dodržet správný postup kalibrace. V originální konstrukci se používají několikaotáčkové potenciometry, umožňující přesné nastavení. Na vstup milivoltmetru se připojí potenciometr 10 k $\Omega$ , nastavený na minimum. Potenciometry R<sub>13</sub>, R<sub>14</sub> a R<sub>17</sub> se nastaví do střední polohy, R<sub>16</sub> na maximum. Pak se zapne napájení milivoltmetru, postupně se otáčí hřídelem potenciometru na vstupu a současně se nastavuje R<sub>13</sub> a R<sub>14</sub> tak, aby výchylka ručky měřidla byla minimální. Pomocný potenciometr se odpojí. Pak se přepínačem nastaví rozsah pro měření známého referenčního napětí a nastaví se R<sub>18</sub> tak, aby ručka měřidla měla odpovídající výchylku. Po odpojení referenčního napětí se přístroj opět vynuluje pomocí R<sub>13</sub> a R<sub>14</sub>. Potenciometrem R<sub>15</sub> se nastavuje symetrie měření kladných a záporných napětí. Teplotní drift, který může dosáhnout 1/50 rozsahu

stupnice, se projeví jako výchylka po zapnutí přístroje, která by se měla po několika minutách vyrovnat. Pokud k tomu nedojde, použije se pro vyrovnání R<sub>17</sub> na rozsahu 100 V.

Milivoltmetr je možné použít v řadě aplikací, jako je

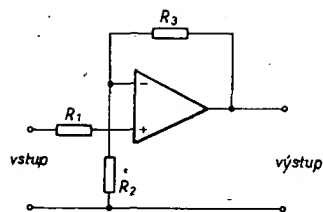
- měření termoelektrického napětí termočlánků, případně fotoelektrického napětí polovodičových diod ve skleněném pouzdru,
- měření úbytků napětí na pájených spojích nebo konektorech při provozním proudu,
- zjišťování rozptylových magnetických polí síťových transformátorů, síťového vedení ve zdívu atd. s připojenou smyčkou na vstupu milivoltmetru,
- měření odporů až do 0,02  $\Omega$  při proudu 1 mA,
- na rozsahu 500  $\mu V$  lze milivoltmetr použít jako mikroampérmetr o rozsahu 1  $\mu A$  a vnitřním odporu 500  $\Omega$ , s možností měřit proudy až do 10 nA,
- indikace vysokofrekvenčních napětí.

Popular Electronics, duben 1975

## Ss, nf a vf voltmetr s velkou vstupní impedancí

Pro poněkud odlišné požadavky je konstruován voltmetr, zapojený podle obr. 4. Návrh vychází z požadavku jednoduchosti, používá podobnou součástkovou základnu, jako předcházející měřicí přístroj, má však větší vstupní odpor – 22 M $\Omega$  na stejnosměrných rozsazích, pro nízkofrekvenční a vysokofrekvenční měření má vstupní odpor přibližně 5 M $\Omega$  (používají se dvě sondy), stejnosměrné rozsahy jsou 1, 10, 100 V, střídavé rozsahy 1 a 10 V, kmitočtové pásmo 20 Hz až 50 MHz. Má ovšem proti předchozímu přístroji menší citlivost a nepočítá se s měřením proudu.

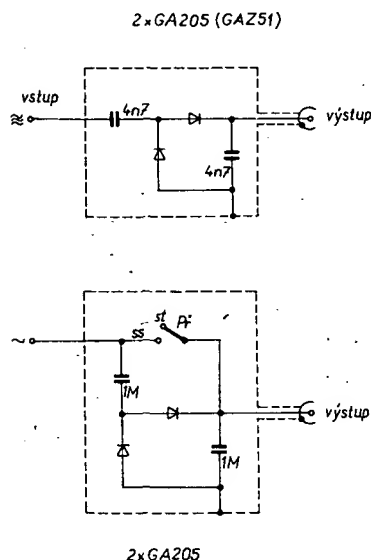
Jak ukazuje zjednodušené zapojení na obr. 5, je vstupní odpor R<sub>1</sub> zapojen do série se vstupem operačního zesilovače. Rozsahy se mění změnou zesílení operačního zesilovače (přepínáním odporů – R<sub>3</sub> – ve zpětnovazební větvi). V podrobném zapojení na obr. 4 je třeba vysvětlit volbu odporů R<sub>13</sub> a R<sub>14</sub>. Souvisí s parametry použitého měřidla, které má pro plnou výchylku ručky citlivost 1 mA a odpor R<sub>13</sub> doplňuje jeho vnitřní odpor na 1000  $\Omega$  (110  $\Omega$  + 890  $\Omega$ ), odpor R<sub>14</sub> doplňuje vnitřní odpor měřidla na 2830  $\Omega$  při měře-



Obr. 5. Zjednodušené zapojení přístroje z obr. 4 k výkladu činnosti

ní střídavých napětí, aby bylo možné používat pro stejnosměrné a střídavé rozsahy stejnou stupnici (čte se efektivní hodnota střídavých napětí).

Pro měření na střídavých rozsazích se používají dvě sondy, i když by se mohlo zdát, že by stačila jen jedna. Vede k tomu rozdílnost požadavků v nízkofrekvenční a vysokofrekvenční oblasti na kapacity kompenzačních kondenzátorů. Schéma zapojení sond je uvedeno na obr. 6, sonda pro měření v nízkofrekvenční oblasti je opatřena přepínačem P<sub>f</sub> pro měření stej-



Obr. 6. V<sub>f</sub> (a) a n<sub>f</sub> (b) sonda

nosměrných napětí. Pro usměrnění střídavých signálů se používají germaniové hrotové diody, umožňující lepší linearitu stupnice, než jaká by byla s diodami křemíkovými. Určitá nelinearita se projevuje v dolní třetině rozsahu 1 V. Přesnost přístroje určuje přesnost použitých odporů. Je třeba také věnovat pozornost výběru kondenzátorů pro sondy.

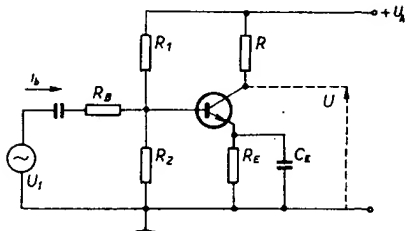
Electronics Australia, listopad 1974

## Zkoušeč mezního kmitočtu tranzistorů v pásmu 30 MHz až 2 GHz

Měření mezního kmitočtu tranzistorů v této kmitočtové oblasti se považuje za obtížné a proto se, zvláště v amatérské praxi, běžně nepoužívá. Popsaný přístroj umožňuje měřit  $f_t$  poměrně jednoduchými prostředky a s dostatečnou přesností. Princip měření vychází z definice mezního kmitočtu tranzistoru jako součinu proudového zesilovacího činitele  $\beta$  a kmitočtu měření  $f$ , který se volí tak, aby  $\beta$  byl značně menší než proudový zesilo-

vací činitel  $\beta$ , měřený v oblasti nízkých kmitočtů.

Protože proudový generátor v<sub>f</sub> vstupu a měření výstupního proudu se v praxi realizují obtížně, používá se pro měření běžně generátor v<sub>f</sub> napětí, přičemž vstupní proud je určen poměrem  $U_i/R_B$  (viz zjednodušené schéma na obr. 7). Pro



Obr. 7. Zkoušeč mezního kmitočtu tranzistorů – zjednodušené schéma

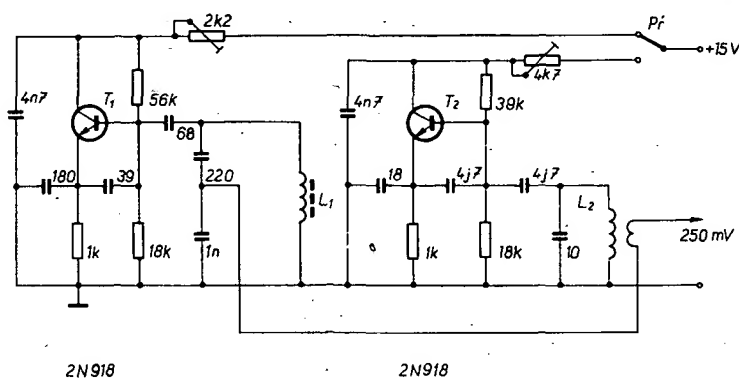
dostatečnou přesnost je třeba, aby  $R_B \approx 10 r_b$ , kde  $r_b$  je vnitřní vstupní odpor tranzistoru. Výstupní proud se zjišťuje měřením napětí na zatěžovacím odporu  $R$  jako poměr  $U/R$ , přičemž pokud se při měření používá pouze jeden kmitočet, je možné měřidlo ocejchovat přímo v údajích mezního kmitočtu  $f_t$ . Pro dosažení dobré přesnosti musí být  $R$  co nejmenší, řádu jednotek ohmů.

Prakticky byly pro požadovaný rozsah měření navrženy dva měřicí kmitočty, 10 MHz a 100 MHz. Na obr. 8 je zapojení oscilátorů, které jsou zapojeny v sérii a kmitočty se přepínají přepnutím napájení. Oscilátor 10 MHz (vlevo) má na výstupu kapacitní dělič, zapojený paralelně k  $L_1$ . Tato cívka má 15 závitů těsně vinutých drátem o  $\varnothing$  0,3 mm s hedvábnou izolací na tělisku o průměru 6 mm s jádrem. Cívka  $L_2$  oscilátoru 100 MHz má průměr 8 mm a 4 závitů holého drátu Cu o 0,8 mm na délce 15 mm. Sekundární vinutí má pouze jeden závit.

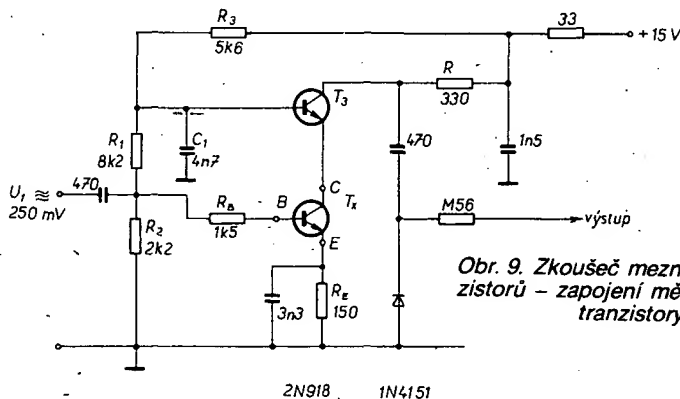
Praktické zapojení měřícího obvodu na obr. 9, kde je kolektor zkoušeného tranzistoru  $T_x$  připojen k emitoru tranzistoru v zapojení se společnouází. Vstupní odpor tohoto zapojení je dostatečně malý, proudové zesílení se blíží jedné, takže zatěžovacím odporem  $R$  protéká prakticky stejný proud, jako kolektorem  $T_x$ . Výstupní napětí se usměrňuje a měří elektronickým voltmetrem.

Podobně je řešeno i měřicí zapojení pro tranzistory p-n-p, uvedené na obr. 10. Pro měření výstupního napětí byl použit elektronický voltmetr o vstupní impedanci 44 M $\Omega$ .

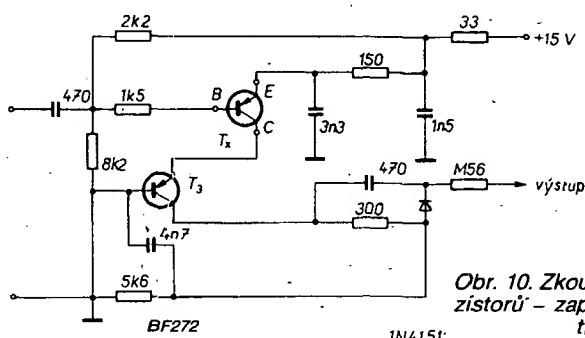
Konstrukční provedení vyžaduje určité zkušenosti, zvláště pokud jde o provedení měřících obvodů a oscilátorů. Méně zkušení mohou případně využít návrhu desky s plošnými spoji a dalších pokynů, uvede-



Obr. 8. Zkoušeč mezního kmitočtu tranzistorů – zapojení oscilátorů



Obr. 9. Zkoušeč mezního kmitočtu tranzistorů – zapojení měřícího obvodu pro tranzistory n-p-n



Obr. 10. Zkoušeč mezního kmitočtu tranzistorů – zapojení měřícího obvodu pro tranzistory p-n-p

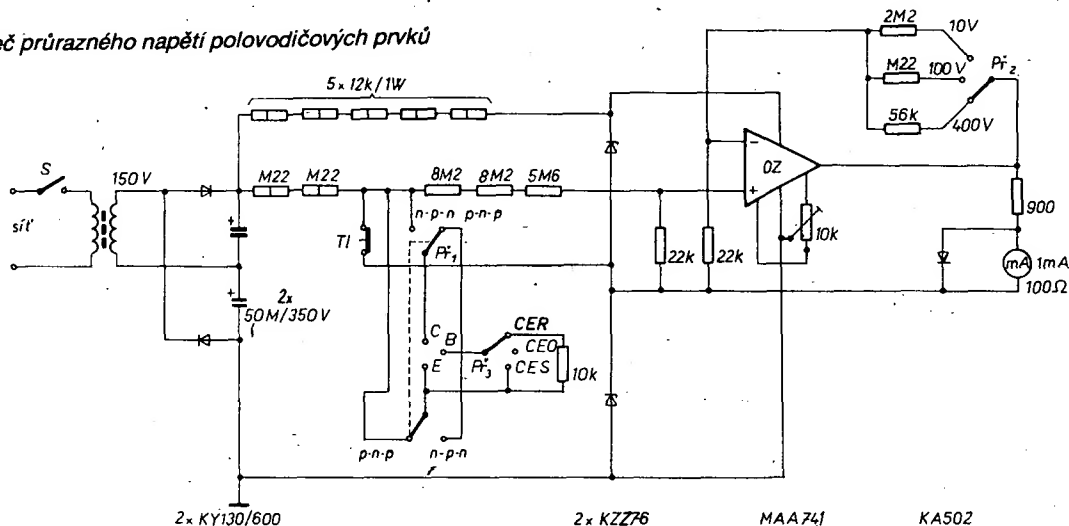
ných v uvedeném pramenu. Pro napájení je možné použít libovolný stabilizovaný zdroj o napětí 15 V.  
Toute l'électronique, leden 1972

## Zkoušeč průrazného napětí polovodičových prvků

Při častější potřebě vybírat tranzistory s co největším průrazným napětím, případně zjišťovat v tomto směru rezervy polovodičových prvků v kritických zapojeních, se vyplatí místo improvizací používat jedinoucelový přístroj. Popsané zařízení umožňuje nedestruktivně měřit průrazné napětí bipolárních tranzistorů, tranzistorů FET, diod, Zenerových diod a dalších polovodičových součástek.

Zkoušeč se v podstatě skládá ze zdroje „vysokého“ napětí, které se přivádí přes omezovací odpor na měřenou součástku, a voltmetru s velkým vstupním odporem, připojeného paralelně k měřenému objektu. Při návrhu zapojení podle obr. 11 bylo jako základní měřicí napětí zvoleno napětí 400 V, které se přes odpor 440 kΩ (při měření) přivádí na měřený prvek. Při přípravě měření je tento odpor uzemněn, aby nebyla obsluha ohrožena úrazem elektrickým proudem. Maximální výkon, kterým se zatěžuje měřená součástka, je kolem 100 mW.

Obr. 11. Zkoušeč průrazného napětí polovodičových prvků

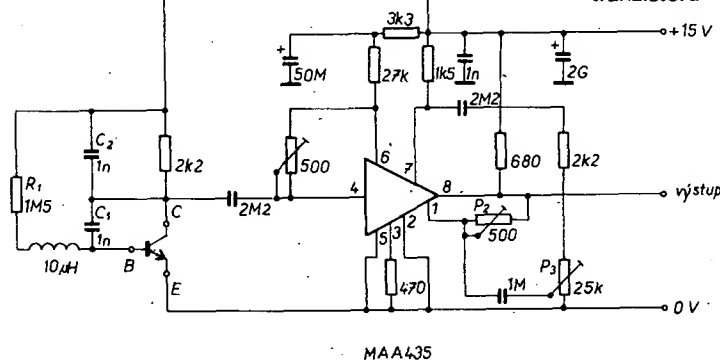


Voltmetr s velkým vstupním odporem má rozsahy 10 V, 100 V a 400 V. Jeho zapojení bylo odvozeno zjednodušením zapojení jednoho z dříve popsaných voltmetrů a doplněním ochranou měřidla před přetížením při nevhodné volbě rozsahu. Použitý způsob napájení OZ napětím  $\pm 12$  V lze upravit pro napájení z nesouměrného napájecího zdroje.

## Zkoušeč šumového čísla tranzistorů

Pro dosažení dobrých výsledků např. při stavbě níže zesilovačů je velmi důležitá možnost vybírat tranzistory s malým šumem, zvláště pro předzesilovače. Zkoušeč šumového čísla tranzistorů podle

Obr. 12. Zkoušeč šumových vlastností tranzistorů



schématu na obr. 12 umožňuje porovnávat šum tranzistorů p-n-p i n-p-n v nízkofrekvenční oblasti. Měření se vyhodnocuje elektronickým voltmetrem nebo osciloskopem.

Vstupní obvod s měřeným tranzistorem používá pevně nastavený proud báze (10 μA). Při měření Si tranzistorů nemá totiž měření při nulovém proudu báze vzhledem k velmi malým zbytkovým proudům praktický význam. Bylo by samozřejmě možné používat jako  $R_1$  různé odpory, pro běžné měření to však není

– Rozhodně nemůžeme nadále opomíjet takové obory, na nichž je závislá vyšší technická úroveň dalších oblastí a odvětví národního hospodářství. Jde především o materiální základnu pro elektronizaci, automatizaci, používání robotů a chemizaci. Úroveň našeho tvůrčího a technického potenciálu je pro řešení těchto úkolů dostatečná. Když spojíme své síly s vědeckotechnickým potenciálem SSSR, tak by se věci měly rychle hnout dopředu.

– Jedním z racionalizačních nástrojů rozvoje soustavy plánovitého řízení a zvyšování efektivity národního hospodářství se stává využívání výpočetní techniky a ekonomickomatematických metod. Základním cílem uplatňování těchto nástrojů a budování automatizovaných systémů řízení je zabezpečit podstatné zvýšení efektivity a snížení administrativní náročnosti řízení, což musí být základním kritériem uplatňování automatizace v řízení.

nutné. Ke vstupním svorkám je možno připojit tranzistory n-p-n i p-n-p pro měření s proudem báze 10 μA, případně s nulovým budičím proudem.

Měřicí zesilovač s integrovaným obvodem MAA435 má celkový zisk větší než 72 dB, velikost zisku lze nastavit potenciometrem  $P_3$ . Šumové napětí dodávané měřeným tranzistorem se tedy zesílí nejméně 1000×, a měří se na výstupu buď elektronickým voltmetrem nebo osciloskopem. Přístroj lze vhodnou metodou oceňovat v dB, např. pomocí šumového generátoru, nebo bez tohoto cejchování používat pro srovnávací měření a výběr tranzistorů.

Funkamateu č. 4/1981





referenčního napětí 7,15 V odvozuje cermetovým několikaotáčkovým potenciometrem konstantní referenční napětí 4 V. Použijeme-li pro měření úbytku na měřeném odporu digitální voltmetr na rozsahu 200 mV, dosáhneme při přepnutí na  $R = 4 \Omega$  konstantního proudu 1 A a rozlišovací schopnost měření bude 0,1 m $\Omega$ . Při 3 1/2místném číselném voltmetru pak přepínáním na další rozsahy získáme tyto rozsahy měření:

Rozsah voltmetru [V]	Rozlišovací schopnost [m $\Omega$ ]	Rozsah měření odporů [ $\Omega$ ]
0,2	0,1	0 až 0,2
2	1	0 až 2
20	10	0 až 20

Měření napětí je přímo úměrné hodnotě měřeného odporu.

Funkschau č. 10/1981

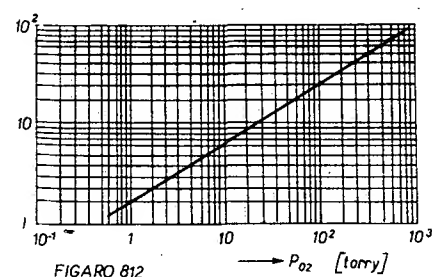
## Indikátory plynu

Před lety (AR B1/1976, str. 14) byl uveřejněn v AR krátký článek na stejném téma. Protože se jedná o námět, který může být atraktivní nejen pro amatéry, ale i pro průmysl (a to především), hornictví i pro jiné obory, opatřil jsem si podrobné informace o čídelích pro tyto indikátory přímo od výrobce. Firma MXE Engineering B. V. Postbus 116, 3840 AC Harderwijk, Holandsko je výrobcem detektorů plynu pro nejrůznější použití, o kterých se u nás pohybuje ví velmi málo. Tato čidla (TGS) pracují takto: nahromadění plynné látky na povrchu polovodičového materiálu způsobí přechod elektronů, vyvolaný rozdílem energetických úrovní molekul plynu a povrchu polovodiče. Na povrchu polovodičového materiálu typu n se hromadí kyslík, který může přijímat elektrony. Přechod elektronů z polovodičového materiálu do vrstvy „nahromaděného“ plynu vyvolává zmenšení vodivosti polovodičového materiálu.

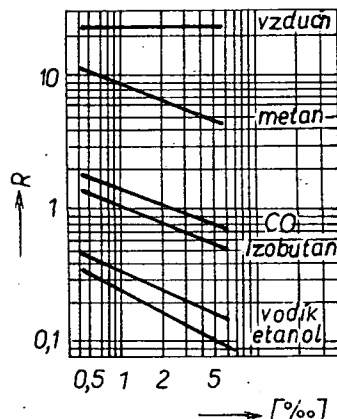
TGS je objemový polovodičový materiál získaný sintrovaním práškového kyslíčnicku cínititého  $\text{SnO}_2$ . Mezi jeho jednotlivými krystaly je velmi mnoho míst, na nichž nahromaděný kyslík vytváří „bariéry“, což vede ke značnému zmenšení vodivosti polovodičového materiálu.

Na obr. 16 je znázorněn vztah mezi tlakem kyslíku v atmosféře a vodivostí TGS. Při zmenšování tlaku kyslíku se zvětšuje vodivost čidla. Protože „tlak“ kyslíku ve vzduchu je konstantní, rychlost a rozsah změn parametrů TGS závisí na teplotě čidla. Proto vodivost čidla TGS udržovaného na konstantní teplotě ve vzduchu bude konstantní.

Dostane-li se takové čidlo TGS do styku s redukujícími nebo topnými plyny (kyslíčník uhelnatý, uhlovodíky atd.), přechod



Obr. 16. Vztah mezi tlakem kyslíku v atmosféře a vodivostí čidla TGS



Obr. 17. Vodivost čidla TGS v závislosti na koncentraci plynů

elektronů probíhá opačným směrem než při reakci s kyslíkem, což zvětší hustotu elektronů ve vrstvě prostorového náboje polovodiče a zmenší bariéry na rozhraních.

Zvětšená vodivost (zmenšený odpor) čidla TGS odpovídající koncentraci plynu je na obr. 17. Adsorpcie plynu na povrchu čidla je reversibilním procesem, to znamená, že může dojít také k desorpci. Rychlé odezvy se při tom dosahuje ohřevem na teploty v rozsahu 200 až 400 °C.

Čidlo umístěné v objemové koncentraci plynu 2 až 30 % si udržuje po dlouhou dobu stálý odpor a není patrná ani nevratná desoxidace čidla. Nahradi-li se např. topný plyn čistým vzduchem, změní se odpor čidla na původní velikost.

## Hlavní přednosti čidel TGS

1. Dlouhá doba života a dobrá spolehlivost. Za běžných okolností není nutné opakovat kalibraci, ani vyměňovat čidla po dobu pěti let nebo déle.
2. Čidla TGS nepodléhají trvalému poškození jedovatými plyny.
3. Některé jedovaté plyny, jako kyslíčník uhelnatý, čpavek apod. je možné zjistit již při nízkých koncentracích (před dosažením nebezpečné koncentrace).
4. Ani při vysokých koncentracích plynů, při nichž je kyslík (vzduch) z prostředí zcela vytlačen, se citlivost čidla nezmenšuje.
5. Čidlo je odolné proti vibracím a mechanickým nárazům.
6. Výstupní signál čidla je dostatečně velký, takže detektory plynů mohou být navrženy s minimálním počtem součástí. Proto je možno vyrábět detektory plynů spolehlivě a levně.

## Použití čidel TGS

Čidla TGS nacházejí řadu vhodných aplikací v oblasti detekce plynů, každá aplikace však vyžaduje pečlivou analýzu z hlediska plynu a jeho koncentrace, která

se má detekovat. Na příklad při detekci potenciálně výbušných koncentrací hořlavých plynů se vyžaduje, aby mez poplachu byla funkcí dolní meze výbušnosti těchto plynů. U netoxických hořlavých plynů se obvykle doporučuje mez poplachu na úrovni 10 % dolní meze výbušnosti. Vzhledem k tomu, že odezva TGS je nespecifická, je při volbě příliš nízké meze poplachu možné, že dojde k falešným poplachům způsobeným výfukovými plyny, kouřem, výparů alkoholů atd.

Při detekci jedovatých plynů je třeba vycházet z mezních úrovní, stanovených zdravotnickými orgány. Protože se čidla TGS používají k ochraně lidských životů a majetku, je důležité, aby byly charakteristiky čidel plně pochopeny, aby se zajistil správný výpočet poplachových úrovní a přesná kalibrace.

Detektory úniku plynu se obvykle používají pro detekci nebezpečných koncentrací svítiplynu, zemního plynu, metanu atd. Tyto plyny mají různé dolní meze výbušnosti a hustotu, což je třeba respektovat při kalibraci a umístění detektorů.

Použití čidel TGS pro systém automatické ventilace v kuchyních, garážích, laboratořích, provozech, dolech atd. umožňuje automaticky zapínat ventilátory při zjištění určité koncentrace plynu.

Pro protipožární poplachová zařízení je možné využít citlivosti TGS na kyslíčník uhelnatý, který je jedním ze základních plynů vznikajících v počátku požáru. Instalací detektorů TGS kalibrovaných na kyslíčník uhelnatý, typicky pro rozsah 0,2 až 1 %, je tedy možné dosáhnout doplňující ochrany proti požáru (doplňek obvyklých ionizačních fotoelektrických a tepelných detektorů). Ke vhodným aplikacím patří detekce požárů ve výpočetních střediscích, televizních a elektrických zařízeních zjištěním doutnajících kabelů atd.

Čidla TGS je možné také použít pro konstrukci bateriových přenosných přístrojů pro kontrolu míst úniku plynů, nebo míst plynem zamořených.

Pro detekci kyslíčnicku uhelnatého (CO), který je velmi toxický a je častou příčinou úmrtí, je žádoucí přístroj nastavit tak, aby poplach byl vyvolán již při jeho nejmenší koncentraci, to však může být znemožněno tam, kde se běžně vyskytuje tabákový nebo jiný kouř. Úroveň poplachu nemá být nižší než 1 %.

Čidla TGS je také možné používat v průmyslových aplikacích pro detekci průmyslových plynů, jako CO, čpavku, výparů rozpustitelů, uhlovodíkových plynů atd. V případech, kdy se požaduje indikace koncentrace plynů na příklad měřidlem nebo registračním přístrojem, je třeba, aby čidlo bylo v provozu dva až tři týdny před kalibrací, aby byla zajištěna stabilita přístroje.

V současné době jsou podle firemních podkladů vyráběny tyto typy čidel:

Typ	Skup.	Žhav. napětí [V]	Citlivost	Cena [hol. zl.]
109	A	1	propan, butan, metan a ostat. výbušné plyny	220,-
711	B	5	CO	220,-
712	E	2,5	CO – nízká citlivost pro vodík	220,-
812	C	neuv.	alkohol, benzen, tox. plyny, CO, amoniak, kyslíčník siřičitý atd.	40,80
813	D	5	výbuš. plyny, propan, butan, metan	220,-
813C	D	5	stejný jako 813 (určený pro domácnost)	44,25
814D	F	5	čpavek	220,-
816	D	5	výbušné plyny	220,-
817	C	5	alkohol, benzen, tox. plyny, CO, amoniak	220,-
911	D	1,2	pro korozivní prostředí: metan a výbušné plyny	220,-

## Charakteristika čidel podle skupin

### Skupina A

Tato skupina má některé specifické charakteristiky, odlišné od všech ostatních prvků, kterých se dosahuje přímým ohřevem, použitím podstatně většího napětí a ztrátového výkonu prvku. Má dobrou citlivost pro většinu plynů, které je možné detekovat polovodičovými detektory. Vzhledem k velkému výstupnímu napětí je možné tyto prvky použít často bez dalšího zesílení a jeho aplikace zahrnují širokou oblast od jednoduchých poplachových zařízení až po složité měřicí systémy.

### Skupina B

Tento prvek byl speciálně vyvinut pro detekci kyslíčnicku uhelnatého tak, aby měl menší citlivost k ostatním druhům plynů. Na běžné úrovni zůstala pouze citlivost na vodík a etanol. Selektivita pro kyslíčnicku uhelnatý byla zlepšena jak speciální přísadou do materiálu prvku, tak podstatným zmenšením topného příkonu.

### Skupina C

Tento prvek je nejběžněji používaným typem. Vykazuje dobrou citlivost prakticky pro všechny plyny, které je možno polovodičivě detekovat, a má dobrou stabilitu. Systém ohřevu prvku nevyžaduje žádné speciální úpravy. Vyhovující je i doba potřebná pro ohřev prvku a v určitém rozsahu je možné měnit citlivost pro určitý plyn změnou žhavicího napětí. Použitím aktivního uhlíku jako filtru lze dosáhnout toho, že prvek detekuje prakticky jen kyslíčnicku uhelnatý.

### Skupina D

Prvky této skupiny pracují s dosti velkým příkonem a mají vynikající citlivost pro většinu topných plynů. Pozoruhodná je dobrá citlivost na metan (zemní plyn) a právě v této aplikaci se prvek nejčastěji používá. Není to však jediná oblast jeho použití zvláště proto, že jde o prvek velmi stabilní. S tímto prvkem je možné velmi dobře řešit i ostatní kritické aplikace, je citlivý i na některé další plyny, pozoruhodná je malá citlivost na kyslíčnicku uhelnatý a etanol.

### Skupina E

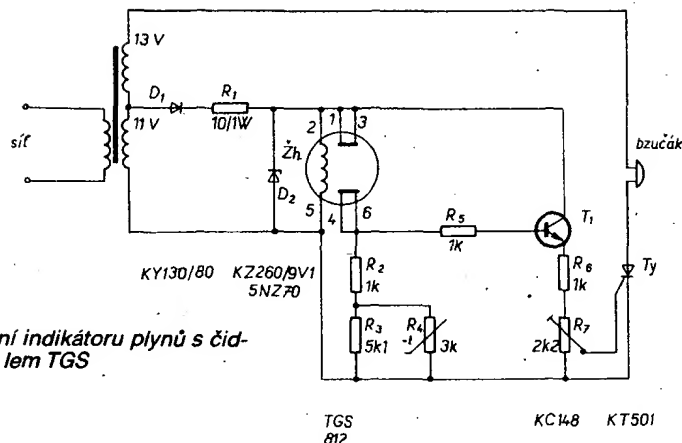
Prvky této skupiny mají prakticky stejné vlastnosti jako prvky B, citlivost na vodík je však menší. Všechny ostatní charakteristiky jsou stejné jako u prvků typu B.

### Skupina F

Prvky skupiny F mají charakteristiky podobné jako prvky skupiny C, zvětšena je citlivost na plynový čpavek. Podrobnější informace o chování tohoto prvku nejsou v současné době zatím k dispozici.

## Zkušenosti s TGS.

Pro zkoušku s indikátorem byl postaven přístroj podle obr. 18. Zapojení je velmi jednoduché. Detektor je zapojen vlastně v můstku a změna odporu čidla má za následek otevření tranzistoru, který spíná tyristor se záteží. Termistor  $R_4$  kompenzuje změny okolní teploty. Indikace je zvuková s bzučákem. Citlivost se nastaví trimrem  $R_7$ , tak, že na jednu sekundu otevřeme plynový hořák na vařiči bez zapálení a potom přiblížíme detektor. Za několik sekund má zaznít signál. Můžeme použít i bombičku propanbutanu, plynový zapalovač, páry alkoholu, acetonu apod.



Obr. 18. Zapojení indikátoru plynů s čidlem TGS

– podle předpokládaného použití přístroje.

Místo zvukové indikace nebo kromě ní je možné automaticky zapínat ventilátor (pomocí relé, příp. triaku). Přesnější indikace lze dosáhnout zapojením operačního zesilovače (místo spinacího tranzistoru) jako komparátoru.

Senzor má vývody, které lze zasunout do objímky pro heptalové elektronky a delším třípramenným vodičem připojit k přístroji. Senzor (čidlo) se vyrábí ve třech provedeních jako váleček o  $\varnothing 17$  až 20 mm a výšce 16 až 23 mm a je kryt dvojíou jemnou kovovou sítkou z nerezavějícího materiálu.

Senzor FIGARO 812, který byl použit v přístroji, je univerzální a skutečně má obdivuhodnou citlivost „na všechno možné“. Otevření plynového hořáku na zlozmech sekund indikuje na vzdálenost jednoho metru, výpary z kapky lihu indikuje v těsné blízkosti. Rovněž „ucítí“ vodík, unikající přes otvor v zátku při nabíjení akumulátoru, čpavkové páry, výpary petroleje, acetonu, propan-butan, kouř cigarety i s prominutím lidské plyny atd. Naprosto nereaguje na výpary kyseliny solné, dusičné, sírové, na hydroxid sodný. Doba reakce – podle stupně koncentrace – je několik málo sekund.

Myslím, že aplikace tohoto senzoru v nejrůznějších oborech národního hospodářství by mohla značnou měrou prospět k ochraně zdraví a k bezpečnosti práce.

Podle firemní literatury MXE Engineering

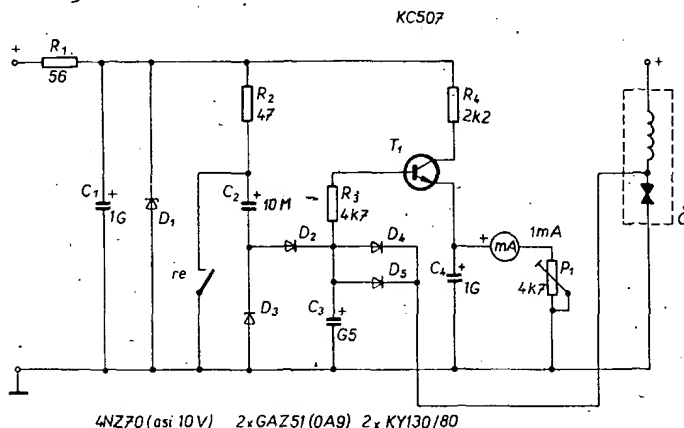
## Měření spotřeby benzínu

Spotřeba benzínu se stává „ostře sledovaným“ provozním parametrem motorových vozidel. Možnost měřit spotřebu benzínu během jízdy by usnadnila volbu

nejvhodnějšího způsobu a rychlosti jízdy s ohledem na minimální spotřebu. Popisované jednoduché zapojení (obr. 19) toto měření umožňuje za předpokladu, že motorové vozidlo je vybaveno elektrickým čerpadlem pohonné hmoty, případně že se tímto čerpadlem vybaví dodatečně. Princip zapojení využívá čítání otáček zadního kola na jeden čerpací cyklus elektrického čerpadla. Rychlost otáčení zadního příp. předního kola se snímá jazyčkovým relé a dvěma trvalými magnety, umístěnými na zadním kole, získaný signál ovládá analogový čítač.

Schéma zapojení přístroje je na obr. 19. Kondenzátor  $C_2$  se nabíjí přes  $R_2$ ,  $D_2$  a  $C_3$ . Při sepnutí kontaktů jazyčkového relé re magnetem se  $C_2$  vybije přes  $D_3$ , náboj na  $C_3$  však zůstává. Po rozpojení kontaktů re se  $C_2$  opět nabíjí a napětí na  $C_3$  se zvětší skokem o téměř 100 %. Napětí na  $C_3$  se tedy zvětšuje o stejnou velikost vždy při sepnutí re a tak dlouho, dokud se neuvede v činnost palivové čerpadlo, což způsobí okamžité vybití  $C_3$  přes  $D_4$  a  $D_5$ . Maximální napětí na  $C_3$  je měřítkem pro počet kilometrů, ujetých na jeden litr pohonné hmoty.

Tranzistor  $T_1$  je zapojen jako emitorový sledovač, napětí přiváděné na měřidlo se rovná napětí na  $C_3$ . Křemíkové diody  $D_4$  a  $D_5$  „zkratují“  $C_3$  na úroveň propustného napětí diod kolem 0,7 V, což kompenzuje napětí mezi emitorem a bází tranzistoru  $T_1$ . Diody  $D_4$  a  $D_5$  jsou zapojeny paralelně proto, aby byl jejich odpor v propustném směru malý. Kondenzátor  $C_4$  se nabíjí na úroveň  $C_3$ , aby údaj měřidla nekolísá při nabíjení a vybití  $C_3$ ; kondenzátor musí však mít dostatečně malou kapacitu, aby přístroj mohl sledovat změny spotřeby.



Obr. 19. Přípravek k měření spotřeby benzínu (re... jazyčkové relé, Č... elektrické palivové čerpadlo)



Zapojení na obr. 19 je určeno pro vozy se záporným pólem baterie na kostře. Při úpravě zapojení pro vozy s kladným pólem baterie na kostře je třeba obrátit polaritu kondenzátorů a diod a použít tranzistor p-n-p.

Konstrukce vlastního přístroje je nenáročná. Úprava zadního kola spočívá v upevnění jazýčkového relé na přírubě (nesoucí brzdový systém) pomocí vhodného můstku a v montáži dvou trvalých magnetů o průměru kolem 12 mm do brzdového bubnu zadního kola. Při těchto úpravách je třeba počítat s tepelným a mechanickým namáháním, kterému budou součástky vystaveny.

Funkci zapojení lze ověřit paralelním připojením spínačů ke kontaktům relé a čerpadla, kterými budeme simulovat funkci čerpadla a jazýčkového relé během zkoušek a nastavování. Po připojení příslušného napájecího napětí (při odporovém trimru nastaveném na 4,7 kΩ) sepne několikrát spínač, nahrazující jazýčkové relé, ručka měřidla by se přitom měla vychýlit a vrátit se rychle k nule. Kontakt nahrazující jazýčkové relé spínáme dále, dokud přístroj neukáže polovinu plné výchylky ručky. Při stisknutí spínače simulujícího čerpadlo se ručka musí vrátit na nulu.

Další postup kalibrace vychází z výpočtu počtu kilometrů ujetých na 1 litr pohonné hmoty, indikovaného každým krokem čítače. Tento počet se rovná počtu cyklu čerpadla na litr, dělenému násobkem

počtu otáček kola na kilometr a počtu magnetů. Počet cyklů čerpadla na litr paliva lze změřit po připojení čerpadla k baterii při omezení výtoku tak, aby bylo možné cykly počítat. Pro zjištění počtu otáček kola na kilometr je třeba použít reálný valivý obvod kola, ne tedy měřit obvod pneumatiky, který je i při stejném průměru kola jiný pro diagonální a jiný pro radiální pneumatiky. Pro zjištění potřebného údaje, pokud se nepodaří získat tuto informaci od výrobce nebo z literatury, je možné po montáži spínače v zadním kole využít počítání impulsů na známé vzdálenosti, případně podle tachometru (při správně nahuštěných pneumatikách).

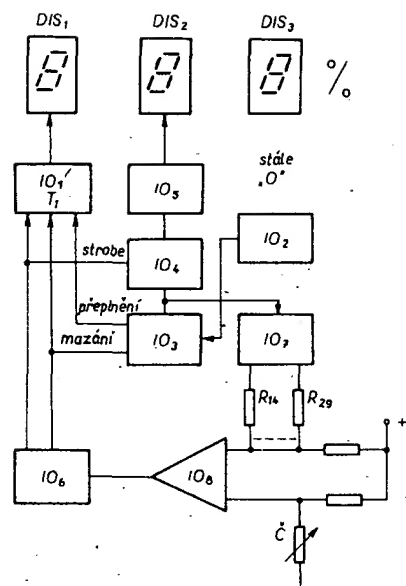
Po dokončení výpočtu je pak snadné nastavit odporový trimr  $P_1$ , aby požadovaný počet „kroků“ dal požadovanou plnou výchylku ručky měřidla, například 20 km/litr. Stupnice se pak cejchuje pro poloviční počet kroků pro 10, 5 atd. km/l. Stupnice nebude lineární a je možné ji také cejchovat v hodnotách l/100 km, což je v našich podmínkách obvyklejší.

Pozn. Místo popsaného řešení s magnety na zadním kole je možné spínat relé magnety, umístěnými na pohonu tachometru.

*Practical Electronics, červen 1974*

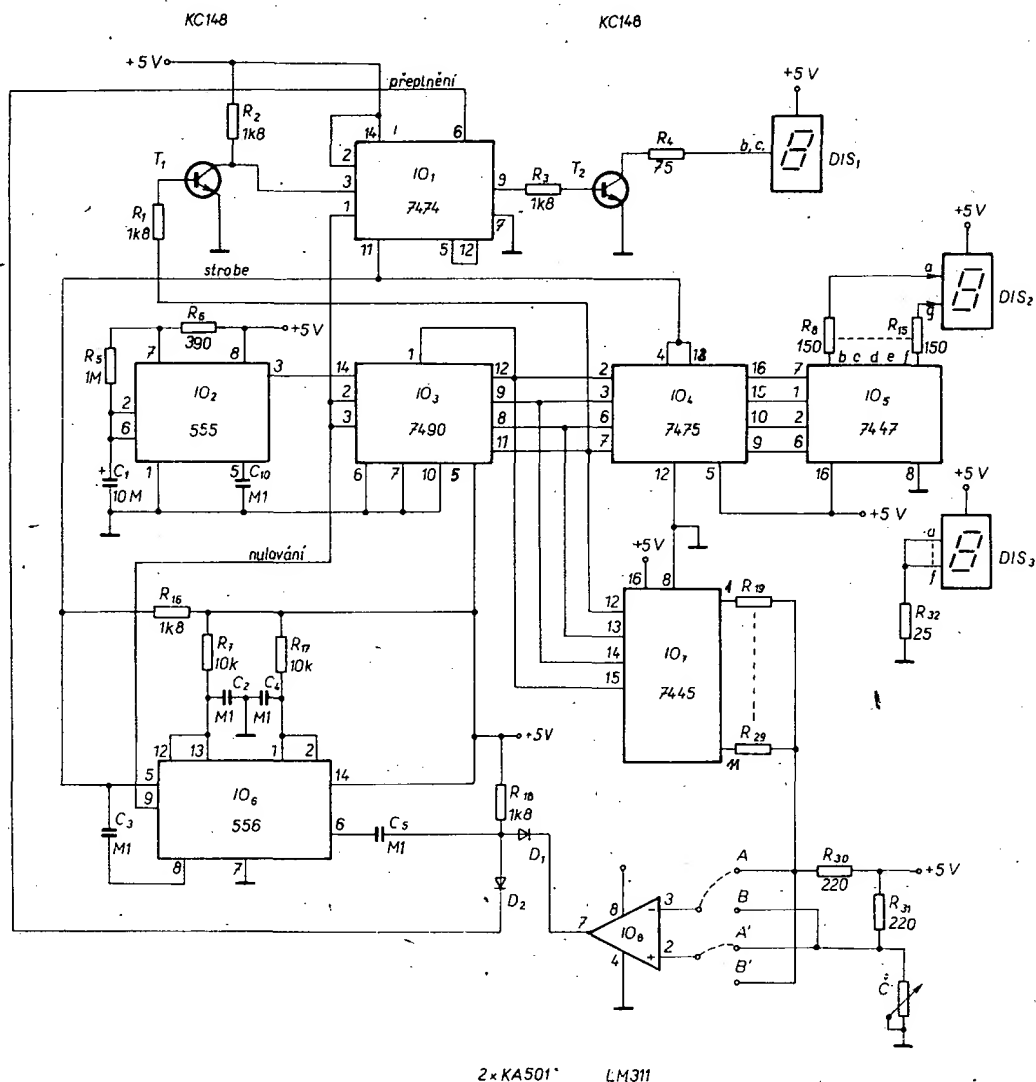
### Digitální indikátor stavu benzínu v nádrži

Pro indikaci stavu benzínu v nádrži se u většiny motorových vozidel používají



Obr. 20. Digitální indikátor stavu paliva v nádrži ( $IO_1$  – přeplnění,  $IO_2$  – generátor hodin,  $IO_3$  – čítač,  $IO_4$  – paměť,  $IO_5$  – dekodér,  $IO_6$  – kontrola,  $IO_7$  – převodník BCD-dek.,  $IO_8$  – komparátor, Č – čidlo v nádrži)

ručková měřidla, jednoduše indikující údaj snímače, umístěného v palivové nádrži. Úpravu tohoto systému pro použití digitálního displeje je možné realizovat



Obr. 21. Schéma zapojení digitálního indikátoru stavu paliva v nádrži

poměrně snadno. Digitální indikace vylučuje nejistotu při čtení a interpretaci údaje měřidla, kromě toho je čtení digitálního údaje snadnější a rychlejší, což přispívá k větší bezpečnosti jízdy. Popsané zařízení ukazuje množství paliva, zbývajícího v nádrži, po desítkách procent. K jeho realizaci lze použít relativně dostupné logické obvody TTL a lineární obvody a dostatečně velké indikační sedmisegmentové číslicovky LED se společnou anodou.

Blokové schéma zapojení obvodu je na obr. 20. I když je systém navržen pro indikaci třemi číslicemi, je jednotkový indikační prvek vždy ve stavu 0 a není řízen logikou (jako prvky desítkový a stovkový). Přesto, že systém ukazuje jedenáct údajů, stačí pro zobrazení 1 číslice. Stovková číslice může být 1 nebo 0.

Integrovaný obvod IO<sub>2</sub> se používá jako generátor hodinových impulsů, pracující na kmitočtu kolem 1 Hz. Ovládá běžný systém dekadického čítače, který se skládá z čítače IO<sub>3</sub>, paměti IO<sub>4</sub>, dekodéru a budiče IO<sub>5</sub> a zobrazovacího prvku DIS 2. Za běžných podmínek tento obvod prostě čítá taktovací impulsy od 0 do 9 a generuje impuls přepnutí. BCD výstupy IO<sub>3</sub> se převádějí také na převodník BCD údajů na dekadické (IO<sub>7</sub>). Výstupy 0 až 9 integrovaného obvodu IO<sub>7</sub> a odpory R<sub>19</sub> až R<sub>29</sub> generují napětí, úměrné stavu čítače. Toto napětí se v napěťovém komparátoru IO<sub>8</sub> porovnává s napětím, určeným množstvím benzínu v nádrži. Výstup IO<sub>8</sub> je buď ve stavu 1 nebo 0, podle rozdílu obou vstupních napětí.

Váhové odpory R<sub>19</sub> až R<sub>29</sub> se vybírají tak, aby odpovídaly desetiprocentním změnám stavu zobrazení. Je-li např. nádrž plná z 50 %, IO<sub>3</sub> přes IO<sub>7</sub> zajistí údaj 5, IO<sub>8</sub> změní stav a aktivuje řídicí obvod IO<sub>6</sub>. Dvojitý monostabilní multivibrátor IO<sub>6</sub> generuje vzorkovací impuls pro zobrazení číslice 5 na desítkovém displeji. Krátce na to generuje IO<sub>6</sub> nulovací impuls, aby se zahájil nový cyklus měření. Systém indikuje „100“ pouze při plné nádrži. Přitom IO<sub>3</sub> přechází ze stavu 9 do nuly a generuje impuls přenosu. Tento impuls prochází logikou a při příchodu vzorkova-

cího impulsu se na displeji stovek indikuje číslice 1. Nulovací impuls vrací systém do nulového stavu, takže se cyklus může opakovat. Tímto postupem se údaj displeje obnovuje vždy po jedné sekundě. Zobrazení neblíká, protože mezi vzorkovacími impulsy jsou číslice napájeny z paměti.

Bylo by samozřejmě možné navrhnout zařízení s lepší rozlišovací schopností, z praktických důvodů však bylo použito pouze 11 kroků. Větší rozlišovací schopnost by totiž vedla k nežádoucí změně údajů jednotkového čítače působené vlivem pohybu vozidla.

Uplné zapojení přístroje je na obr. 21. Konstrukce odpovídá běžným zvyklostem obvodů číslicové techniky. Doporučuje se použít dvě desky s plošnými spoji, jednu pro displej, druhou pro zbývající obvody. Odpory R<sub>19</sub> až R<sub>29</sub> nejsou ve schématu specifikovány. Jejich výběr závisí na parametrech použitého čidla. Určují se měřením odporu čidla při plnění nádrže po 10 % obsahu nádrže. Počáteční stav paliva v nádrži je přitom potřebnou rezervou při nulové indikaci. Pro kalibraci je také možné využít značek na vestavěném ručkovém ukazateli, je to však méně přesné. Odpor R<sub>19</sub> je odpor při prázdné nádrži, R<sub>29</sub> odpovídá plné nádrži.

Zvětšuje-li se odpor čidla upravovaného motorového vozidla při úbytku pohonné hmoty, propojte vstup IO<sub>8</sub> propojkami s body A a A'. Je-li tomu naopak, propojte vstup s body B a B'.

*Popular Electronics, prosinec 1976*

## Digitální otáčkoměr pro motorová vozidla

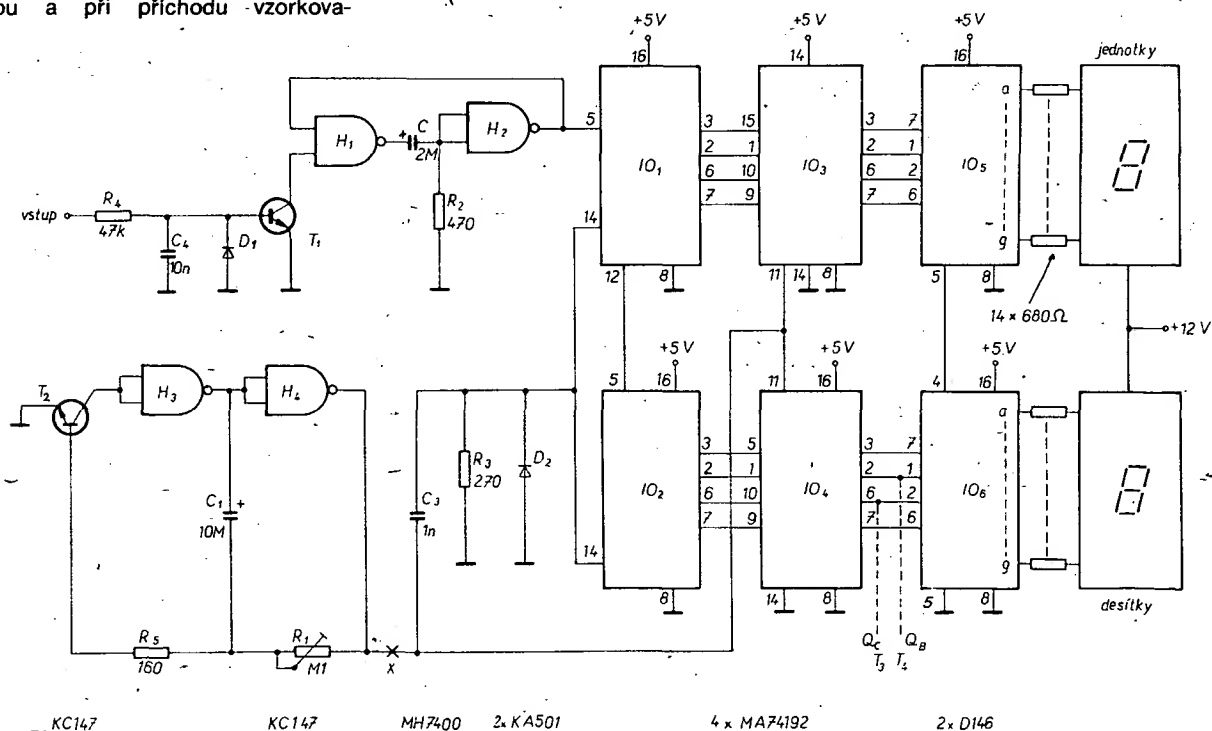
Dosud se v motorových vozidlech používají běžné otáčkoměry s ručkovými měřidly. Současný stav techniky však umožňuje nahradit je digitálním otáčkoměrem s indikací číslicovkami LED. Proti běžnému přístroji s ručkou je tato indikace výraznější a čitelnější a přístroj je téměř dokonale otřesuvzdorný. Přesnost popi-

sovaného přístroje je dána přesností použité časové základny a její teplotní závislostí. V nejjednodušší verzi (obr. 22) lze dosáhnout přesnosti měření otáček  $\pm 10\%$  v teplotním rozsahu  $+10$  až  $+60^\circ\text{C}$ , což pro praktický provoz vyhovuje. Přesnější varianta přístroje, používající integrovaný obvod NE555 (obr. 23), umožňuje dosáhnout maximální chyby měření  $\pm 3\%$  v rozsahu  $-10$  až  $+70^\circ\text{C}$ .

Základní variantu přístroje (obr. 22) je možné doplnit i o regulaci jasu displeje. Dále je možné také přístroj doplnit orientační indikací rozsahu rychlosti otáčení dvěma svítivými diodami. V rozsahu od 0 do 2000 ot/min nesvítl žádná z těchto diod, od 2000 do 3900 ot/min svítí zelená dioda, od 4000 do 5999 ot/min svítí červená dioda, od 6000 ot/min svítí obě diody (obr. 24, 25).

Celkové zapojení otáčkoměru v nejjednodušší verzi je na obr. 22. Vstup přístroje se připojí paralelně ke kontaktům přerušovače. Přístroj je konstruován pro vozidla s baterií 12 V se záporným pólem na kostře. Na vstupu se omezí vstupní impuls pomocí R<sub>4</sub>, C<sub>4</sub> a D<sub>1</sub>. Transistor T<sub>1</sub> při každém rozpojení kontaktu přerušovače uzemní vstup hradla H<sub>1</sub>. Hradla H<sub>1</sub> a H<sub>2</sub> spolu s C<sub>2</sub>R<sub>2</sub> tvoří monostabilní klopný obvod, který kromě potřebného tvarování impulsu vyloučí zákmity na kontaktech přerušovače.

Časová základna přerušovače je nastavitelná pro přizpůsobení různým druhům motorů a také pro kalibraci. Kapacita kondenzátoru C<sub>1</sub>, uvedená ve schématu, platí pro čtyřválcové čtyřtaktní motory, doba měření je v tomto případě 0,3 sekundy. Během této doby měření se čítají impulsy, přiváděné z výstupu monostabilního obvodu H<sub>2</sub> dvěma dekadickými čítači IO<sub>1</sub> a IO<sub>2</sub>. Po skončení doby měření generuje generátor hodinových impulsů (T<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>) záznamový impuls pro paměť IO<sub>3</sub> a IO<sub>4</sub>, které zaznamenají okamžitý stav čítačů a udržují ho do konce následující periody měření. Těsně po uložení do paměti se závěrnou hranou záznamového impulsu nulují oba čítače, takže měření



Stav čítačů uložený v pamětech  $IO_3$  a  $IO_4$  se dekoduje známým způsobem dekodéry  $IO_5$  a  $IO_6$  z BCD na sedmsegmentový kód. Zapojením dekodérů se zajišťuje, aby se na prvním místě neindikovaly nuly, to znamená, že např. rychlosti otáčení 2000 ot/min odpovídá indikace 2. K omezení zátěže stabilizátoru napájecího napětí pro obvody TTL se displej napájí přímo z autobaterie 12 V.

Zapojení podle obr. 23 s integrovaným obvodem NE555 má podstatně lepší stabilitu a přesnost otáčkoměrů s tímto generátorem časové základny je i při extrémním kolísání teplot větší, než přesnost nejlepších komerčně vyráběných otáčkoměrů s indikací ručkovým měřidlem.

KC147

Q<sub>8</sub> 4k7 T<sub>8</sub> 160 LED<sub>4</sub> zel. +5V

Q<sub>c</sub> 4k7 T<sub>c</sub> 220 LED<sub>3</sub> cerv.

LED červený 3 59 40

> 60

4 39 20 U/min x 100

LED zelený

Otáčkoměr se uvádí do provozu nastavením odporového trimru R<sub>1</sub> na správnou hodnotu indikace porovnáním s přesným otáčkoměrem při rychlostech otáčení motoru nad 1000 ot/min.

Elektronický anemometr umožňuje měřit rychlosti větru elektronickými prostředky. Přístroj pracuje jako diferenciální teploměr. Rychlost větru se určuje z rozdílu napětí na dvou diodách, polarizovaných v propustném směru. Jedna z těchto diod se udržuje na stále teplotě okolí, druhá je vystavena vlivu větru, který ji ochlazuje. Čím větší je rychlost větru, tím větší je měřený rozdíl napětí na obou diodách. Díky použití čistě elektronického principu měření je možné se vyhnout potížím, spojeným s mechanickou konstrukcí anemometru.

2x KA261

MAA741

Jak je zřejmé ze schématu, napětí na anodě diody pro snímání teploty okolí ( $D_1$ ) se přivádějí na neinvertující vstup operačního zesilovače MAA741. Na invertující vstup se přivádí napětí  $U_2$  z diody  $D_2$ . V použitém zapojení operačního zesilovače je napětí na jeho výstupu

kde  $k$  je konstanta a  $U_1$  a  $U_2$  jsou napětí, která jsou funkcí teplot. Na rychlosti větru závisí tedy i  $U_{\text{vst}}$ .

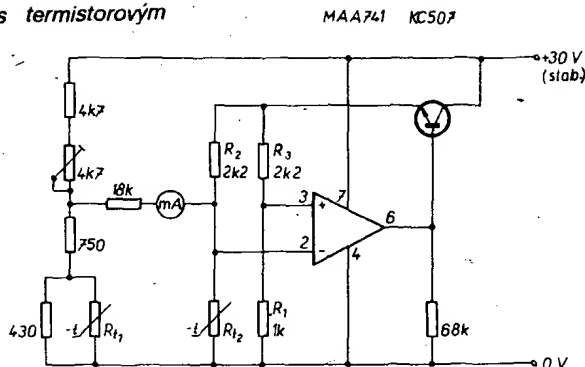
Vztah mezi ochlazovacím činitelem, vyjadřujícím vliv rychlosti větru na teplotu diody, a výstupním napětím nemá lineární průběh. V praxi je třeba každý přístroj kalibrovat zvlášť a respektovat přitom proud protékající měřidlem při nulové rychlosti větru, a závislost tohoto proudu na teplotách hliníkových pouzder čidel. Je třeba si také uvědomit, že diody  $D_1$  a  $D_2$  nejsou pro jednoduchost zapojení napájeny ze zdroje konstantního proudu.

nulové rychlosti větru, to jest při stojícím vozidle, maximum. Odporovým trimrem  $R_5$  je pak možné nastavit požadovaný rozsah měření, odporový trimr  $R_6$  se nastaví podle vnitřního odporu měřidla na přiměřený vstupní proud. Pak se ocejchuje stupnice měřidla při různých rychlostech jízdy, odpovídajících požadovanému rozsahu měření rychlosti větru.

V tomto zapojení elektronického anemometru se používá jako čidlo pro měření rychlosti proudění vzduchu termistor ohříváný proudem proudu. Termistor v tomto režimu mění svůj odpor a tím i spotřebu ze zdroje konstantního napětí v závislosti na odvodu tepla proudícím vzduchem. Změny elektrických parametrů lze použít jako měřítka rychlosti větru. Na rozdíl od předcházejícího zapojení je zřejmě možné u tohoto přístroje dosáhnout větší citlivosti.

Na obr. 27 je zapojení elektronického anemometru pro přesné měření rychlosti

Obr. 27. Anemometr s termistorovým čidlem



větru do 300 m/min (18 km/hod). Přitom se uvádí, že použitý termistor je velmi citlivý, zvláště při rychlostech pod 50 m/min (3 km/hod), a je proto vhodný pro měření „slabého“ proudění vzduchu. Při součástkách uvedených ve schématu se termistor ohřívá asi na 180 °C (přičemž má odpor 1 kΩ). Tvoří spolu s pevnými odpory  $R_1$  a  $R_3$  měřicí můstek, jehož rovnováhu udržuje operační zesilovač. Ten reaguje na změnu odporu termistoru změnou napětí pro napájení můstku. Vzhledem k tomuto rychlému automatickému vyrovnávání zůstává teplota a odpor termistoru prakticky konstantní. Napájecí napětí můstku, měnící se úměrně podle rychlosti větru, působí průtok proudu měřidlem, které je připojeno k referenčnímu napětí, a tento proud je tedy také úměrný rychlosti větru. Při citlivosti měřidla 0,5 mA se dosáhne spolehlivého pokrytí uvedeného rozsahu měření. S měřidlem 100  $\mu$ A lze dosáhnout větší citlivosti, rozsah měření je však omezen.

Ručka měřidla se při bezvětrí nastaví odporovým trimrem na nulu. I když je teplotní drift zapojení malý, přesto se doporučuje teplotní kompenzace zvláště tehdy, když se při měření mohou vyskytovat větší teplotní rozdíly. Bez kompenzace dalším termistorem, určeným jen pro snímání teploty okolí, by byl teplotní drift nastavení nuly asi 0,3 %/°C, což by vyžadovalo častější nastavování. Termistor zapojený paralelně k odporu 430  $\Omega$  zajišťuje kompenzaci v teplotním rozsahu 0 až 55 °C. Musí být umístěn tak, aby mohl snímat teplotu okolního vzduchu.

Funktechnik č. 10/1975

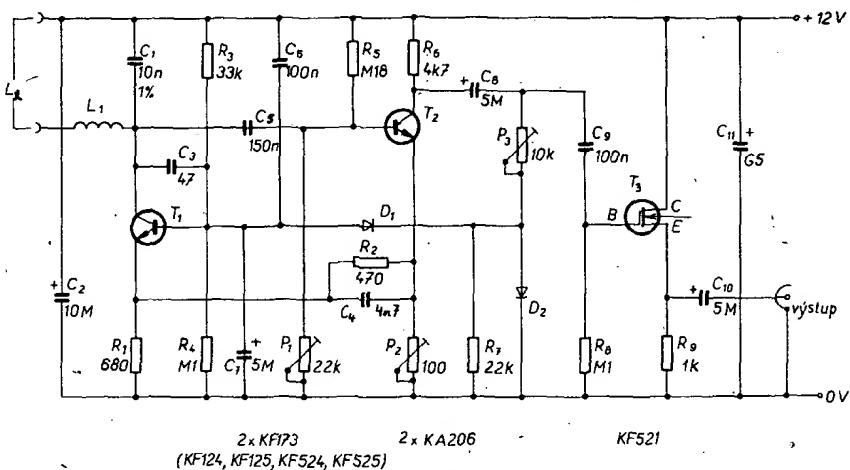
## Měření indukčnosti na digitálním měřiči kmitočtů

Indukčnost se v amatérských podmínkách neměří sice příliš často, ale když ji potřebujeme změřit, není to tak jednoduché: různé měřicí můstky, které pracují s vyvážením, nedávají u větších indukčností přesné výsledky a jejich cejchování není právě jednoduché.

Digitální měřič kmitočtů, který již není bílou vránou mezi amatéry, se dá kromě původního určení použít k mnoha jiným měřením (měření kapacit, času atd.), mimo jiné také k měření indukčnosti.

Poměrně jednoduše můžeme měřit indukčnosti řádově asi od 1  $\mu$ H nebo ještě menší do několika set Henry se speciálním přípravkem a to bez nutnosti přístroj cejchovat. Měření je přitom velmi přesné.

Princip měření vychází z principu GDO (grid-dip oscilátor), kterým zjišťujeme rezonanční kmitočet. V poněkud pozmeněné formě použití pracuje přípravek podle



Obr. 28. Zapojení přípravku k digitálnímu měřiči kmitočtu (pro měření indukčnosti),  $C_3$  – keramický kondenzátor

obr. 28, a to tak, že na jeho vstup připojíme neznámou indukčnost paralelně se známým přesným kondenzátorem, a měříme kmitočet podle vzorce

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

a z naměřeného kmitočtu vypočítáme  $L$ .

Přípravek na obr. 28 pracuje takto: tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  pracují jako oscilátor, článek  $R_2C_3$  představuje kmitočtově nezávislou vazbu,  $C_3$  pomáhá snadnějšímu nasazování kmitů při vyšších kmitočtech, tj. při malých měřených indukčnostech. Z kolektoru  $T_2$  odebíráme střídavé napětí oscilátoru přes  $P_3$ , toto napětí usměrníme a diodami  $D_1$ ,  $D_2$  zdvojíme. Tranzistor  $T_3$  pracuje jako emitorový sledovač. Výstupní signál 2 až 3 V se vede souosým kabelem na digitální čítač, na kterém čteme kmitočet oscilátoru.

– Srovnáme-li zcela mechanicky, bez ohledu na různé, zvláště strukturální odlišnosti, například energetickou návaznost naší výroby s jinými úspěšnými ekonomikami, je o celou polovinu vyšší. Obdobně je tomu se spotřebou kovů a jiných materiálů. Je zcela zřejmé, že v této vysoké spotřebě se skrývají značné možnosti pro zvýšení efektivity výroby.

Chceme-li, aby se elektronický průmysl stal jedním z hlavních intenzifikačních faktorů rozvoje celého národního hospodářství, musíme velice pečlivě zvážovat každý příští krok a vyvarovat se alespoň těch nejhorších chyb z minulosti.

Celý přípravek je na desce s plošnými spoji podle obr. 29. Součástky jsou rozmístěny dosti volně, aby vzájemné kapacity byly co nejmenší. Pro některé součástky – především pro kondenzátory – je v desce několik pájecích bodů, aby bylo možné použít různé typy. Bylo by třeba použít kondenzátory s co nejmenší indukčností, např. typů TC 215 až 218. Zvláštní pozornost je třeba věnovat  $C_1$ , který musí být navíc co nej přesnější 10 nF, protože určuje rezonanční kmitočet. Můžete ho i složit z několika kondenzátorů, místa na desce s plošnými spoji je dostatek. Cívka  $L_1$  na vstupu má jediný závit drátu o  $\varnothing 0,6$  až 1 mm na průměru asi 10 mm, hodnoty nejsou kritické.

Napájecí napětí se může pohybovat od 11 do 14 V bez vlivu na výsledek měření, celkový odběr proudu je 5 až 10 mA.

Po připojení napájecího napětí nastavíme trimrem  $P_1$  na kolektoru  $T_2$  napětí asi 3 V, není-li to možné, zmenšíme  $R_5$ . Potom na kolektor  $T_2$  připojíme osciloskop a pomocí  $P_3$  a  $P_2$  nastavíme sinusový tvar kmitů (je-li třeba, na vstup připojíme nějakou cívku, aby byl kmitočet nižší).

Po připojení přípravku k čítači (bez cívky  $L_1$  na vstupu) by měl měřič kmitočtu ukázat asi 5 MHz, ukáže-li méně, znamená to, že kondenzátory nejsou bezindukční – důsledkem je nemožnost měřit menší indukčnosti než 1  $\mu$ H. Měřič kmitočtu po připojení přípravku bez  $L_1$  ukazuje kmitočet, odpovídající vlastní indukčnosti přípravku, tu odečítáme od výsledku měření s  $L_1$ .

Přípravek vestavíme do krabice z plastické hmoty, všude použijeme nejkratší spoje (k napájení, k připojení měřené cívky, k výstupu). Grafy k rychlému určení indukčnosti (obr. 30 a 31) překreslíme nebo vystříháme a přilepíme na krabičku, příp. i se vzorky. Na výstup použijeme souosý konektor (BNC).

## Příklady použití

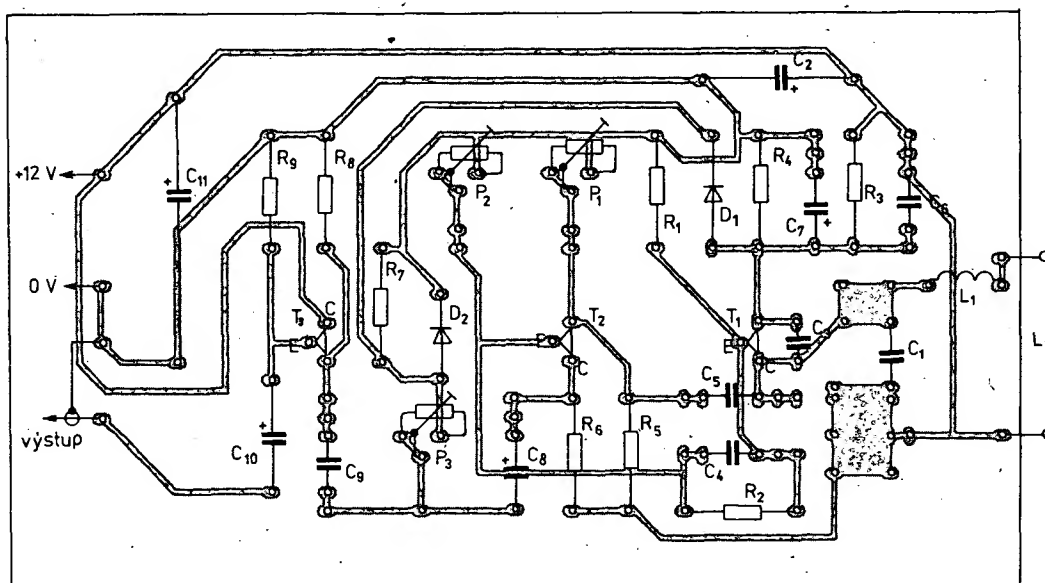
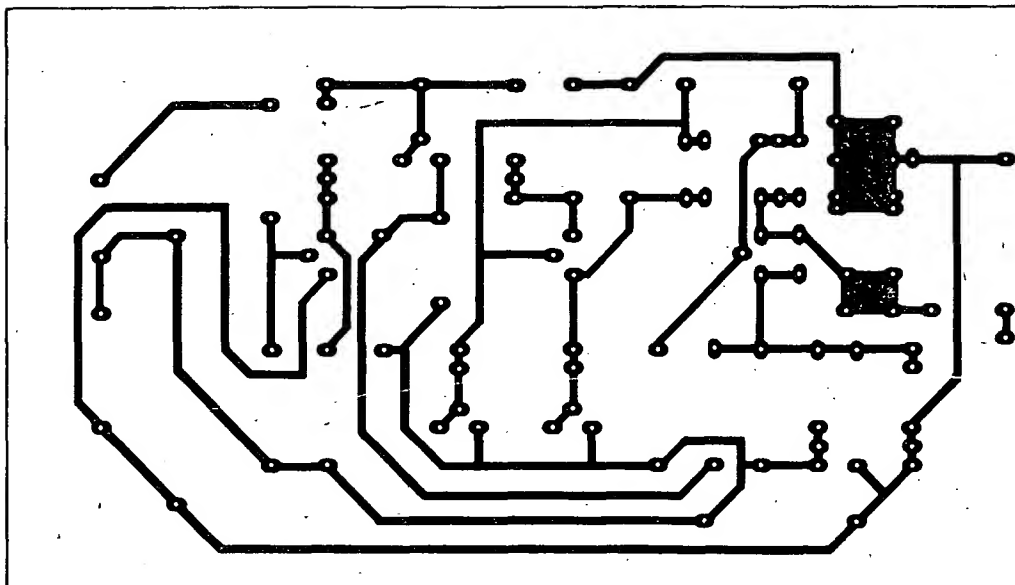
Měříme nějakou cívku. Měřič ukáže kupř. 1,25 MHz. V grafu na obr. 30 najdeme, že cívka bude mít indukčnost větší než 1  $\mu$ H. V grafu na obr. 31 najdeme 1,2 (MHz) vodorovně a na šikmé ose čteme odpovídající indukčnost: 1,5  $\mu$ H.

Jiná cívka na čítači dává výsledek 3500 Hz. Obr. 30 udává, že bude mít indukčnost větší než 100 mH. Obr. 31 ukáže, že indukčnost cívky je asi 200 mH.

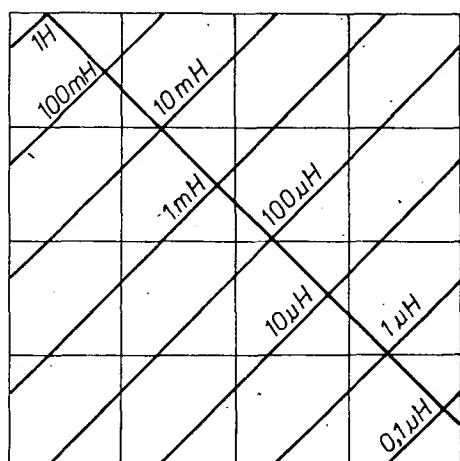
Chceme-li určit indukčnost přesně, pak budeme muset počítat:

$$L = \frac{2,533 \cdot 10^4}{f_0^2 C} \quad [\mu\text{H}; \text{MHz}, \text{pF}]$$

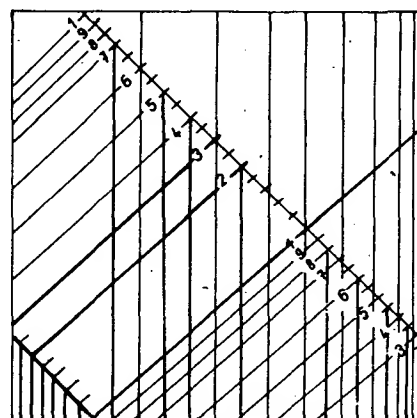
( $C = 10 \text{ 000}$ )



Obr. 29a. Deska s plošnými spoji Q201  
přípravku z obr. 28



1 kHz 10 kHz 100 kHz 1 MHz 10 MHz



1 2 3 4 5 6 7 8 9 1

Obr. 30. obr. 31. Grafy k rychlému určení indukčnosti

u nižších kmitočtů  
( $C = 0,01$ )  $L = \frac{2,533 \cdot 10^4}{f^2 C} [H; Hz, \mu F]$

Zjistíme-li indukčnost cívek z odstavce  
Příklady použití podle těchto vzorců, zjis-  
tíme, že v prvním případě je správná

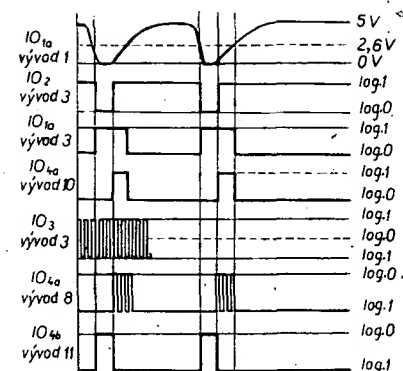
indukčnost 1,6  $\mu H$ , ve druhém případě  
204 mH; vidíme tedy, že ve většině přípa-  
dů postačí čist údaje z grafů.

Může se stát, že se po připojení příprav-  
ku k digitálnímu měřiči kmitočtu neobjeví  
žádné „reálné“ číslo, to však nevadí, po

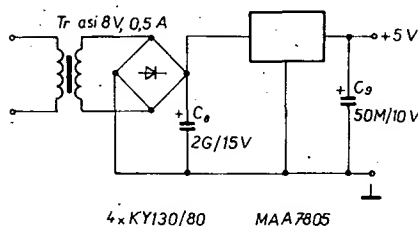
připojení libovolné cívky bude přístroj  
měřit správně.







Obr. 34. Časový průběh signálů



Obr. 35. Jedna z možných variant napájecího zdroje digitálního expozimetru

výstupu  $T_1$  rovna 8 ms, a je-li perioda signálu generovaného obvodem  $IO_3$  0,01 ms, pak hradlo propustí počet impulzů, který je roven  $8/0,01 = 800$ ; tento počet pak bude indikován na výstupu čítače do skončení dalšího cyklu. Údaj indikovaný displejem je tedy možné při stejné době trvání nabíjení  $C_1$  měnit změnou kmitočtu obvodu  $IO_3$ . S uvedenými součástkami lze dosáhnout změny od 1,5 až do 110 kHz. Kondenzátor  $C_5$  má mít kapacitu desetkrát větší než  $C_4$ .

Časový diagram průběhu signálu na obr. 34 ukazuje signály v některých bodech zapojení a umožňuje lépe pochopit jeho funkci. Na obr. 33 je schéma zapojení čítače, které je běžné. Kaskáda tří dekadických čítačů typu 7490 řídí tři dekodéry typu 7447 nebo 7446, ovládající segmenty číslicových LED. Vývody 4 a 5 obvodu 7447 jsou propojeny, takže zbytečné nuly nesvítí. Nulovací signál se přivádí z výstupu hradla  $IO_{10}$  na vývody 2 a 3 dekadických čítačů. Desetinná tečka při rozsahu 0 až 99 sekund se rozsvítí připojením příslušného segmentu přes odpor  $R_9$  na zem.

Pro úplnost je na obr. 35 zapojení síťového zdroje přístroje. Jde o jednoduchý stabilizovaný zdroj, používající pro stabilizaci výstupního napětí 5 V integrovaný obvod. Samozřejmě je možné použít i jiné řešení, vycházející z jiné součástkové základny. V průvodním prameni je také dosti podrobně popsána konstrukce, včetně desek s plošnými spoji. To však konstruktér s jistotou zvládne. Lze však doporučit, aby bylo dodrženo rozdělení obvodů přístroje na dvě desky s plošnými spoji, desku s čítačem a displejem by bylo možné používat i pro jiné aplikace.

Při uvádění zapojeného přístroje do provozu je třeba na vstupní svorky místo fotoodporu připojit odpor 1 M $\Omega$ , přepnout na rozsah 0 až 100 sekund a připojit voltmetr mezi 0 a + 5 V. Po zapnutí přístroje má voltmetr ukazovat + 5 V  $\pm$  2 %. Pokud tomu tak není, je třeba přístroj okamžitě vypnout a zjistit a odstranit závadu. Je-li napětí správné, pak by měl displej ukazovat číslo mezi 85 až 99 při proměnném odporu  $P_1$  nastaveném do polohy minimálního odporu. Při otáčení hřídele  $P_1$  by se mělo indikované číslo

zmenšovat, indikátor přitom každou sekundu na krátký okamžik zhasne. Pokud údaj není stabilní (1 až 2 %), je třeba zvětšit kapacitu kondenzátoru  $C_8$  na 5000  $\mu$ F. Pokud displej ukazuje jiné údaje, kmitá, nebo neukazuje vůbec, je třeba podrobně kontrolovat všechny obvody. Při tom je třeba kontrolovat průběhy v jednotlivých bodech podle časového diagramu na obr. 34. Jsou-li průběhy v pořádku a displej nesvítí, půjde zřejmě o chybu v kabeláži, vadný pájený spoj, nebo vadnou součástku. I když vážnější potíže nejsou při pečlivé práci, použití dobrých součástek a opatrném pájení běžné, je možné uvést několik údajů, které mohou oživování usnadnit. Perioda signálu na výstupu  $IO_2$  je asi 900 ms, z čehož po dobu asi 830 ms má signál úroveň log. 1. Při odporu 1 M $\Omega$  na svorkách pro fotoodpor je doba trvání kladného impulsu na kolektoru  $T_1$  7,5  $\mu$ s a výstupní kmitočet  $IO_3$  je na rozsahu 0 až 100 sekund a při nastavení  $P_1$  na minimální odpor kolem 110 kHz, což odpovídá délce cyklu 9  $\mu$ s. Při těchto hodnotách má displej ukazovat asi 83,3.

Prakticky jediným nastavením, které přístroj vyžaduje, je určit správnou kapacitu  $C_4$  tak, aby poměr číselných údajů na obou rozsazích byl roven přesně 10. Pro toto nastavení připojíme místo  $R_1$  odpor 4,7 M $\Omega$ , přepínač rozsahů přepneme do polohy 0 až 100 sekund a otáčením hřídele  $P_1$  nastavíme na displeji údaj mezi 95 a 98. Pak se přepínač rozsahů přepne do polohy 0 až 100 sekund a vybere se kondenzátor 2,2 nF tak, aby indikátor ukazoval stejný údaj, jako na rozsahu 0 až 100 sekund. Stejněho výsledku je možné dosáhnout paralelním připojováním kondenzátorů menších kapacit. Tím je prakticky přístroj oživen a nastaven, zbývá jen připojit sondu a zjistit, jak přístroj reaguje na různou intenzitu osvětlení.

Při používání přístroje je si třeba uvědomit, že ideální expozice závisí na řadě činitelů: druhu papíru, vlastnostech negativu, světelném výkonu zvětšovacího přístroje, použité cloně, druhu a stavu vývojky, její teplotě, měřtku zvětšení – proto určit správnou expozici při zvětšování není jednoduché. Popisovaný přístroj většinu těchto činitelů respektuje (mimo parametry vývojky). Pro určitý druh papíru stačí tedy vybrat středně krytý negativ se širokou škálou polotónů (jako je např. portrét) a metodou zkušebního proužku zjistit optimální expozici. Je-li například tato expozice 15 sekund při cloně 11 pro formát 8  $\times$  13, nemění se nastavení zvětšovacího přístroje a sonda

se umístí do oblasti snímku s polotóny (pokožka obličeje). Po zhasnutí světla ve fotokomůře (i červeného) se  $P_1$  nastaví tak, aby displej ukázal 15. Poloha hřídele  $P_1$  se označí značkou, která pak bude platit pro použitý druh papíru. Pak již bude expozimetr při změně zvětšení, clony i při jiných negativních ukazovat ideální expozici. Pokud nebude stačit regulační rozsah  $P_1$ , je možné použít kondenzátoru  $C_1$  jiné kapacity. Nesmí se také zapomenout, že fotoodpor má určitou setrvačnost, takže se čtením expozice je třeba vždy chvíli počkat, až se odpor fotoodporu ustálí. Tento efekt je výraznější při slabém osvětlení.

Pro výběr fotoodporů  $R_1$  platí zásady, které byly uveřejněny v AR č. 12/81, str. 22.

*Le Haut-Parleur*, č. 1652

## Přesný expozimetr pro fotografii se zábleskovým zařízením

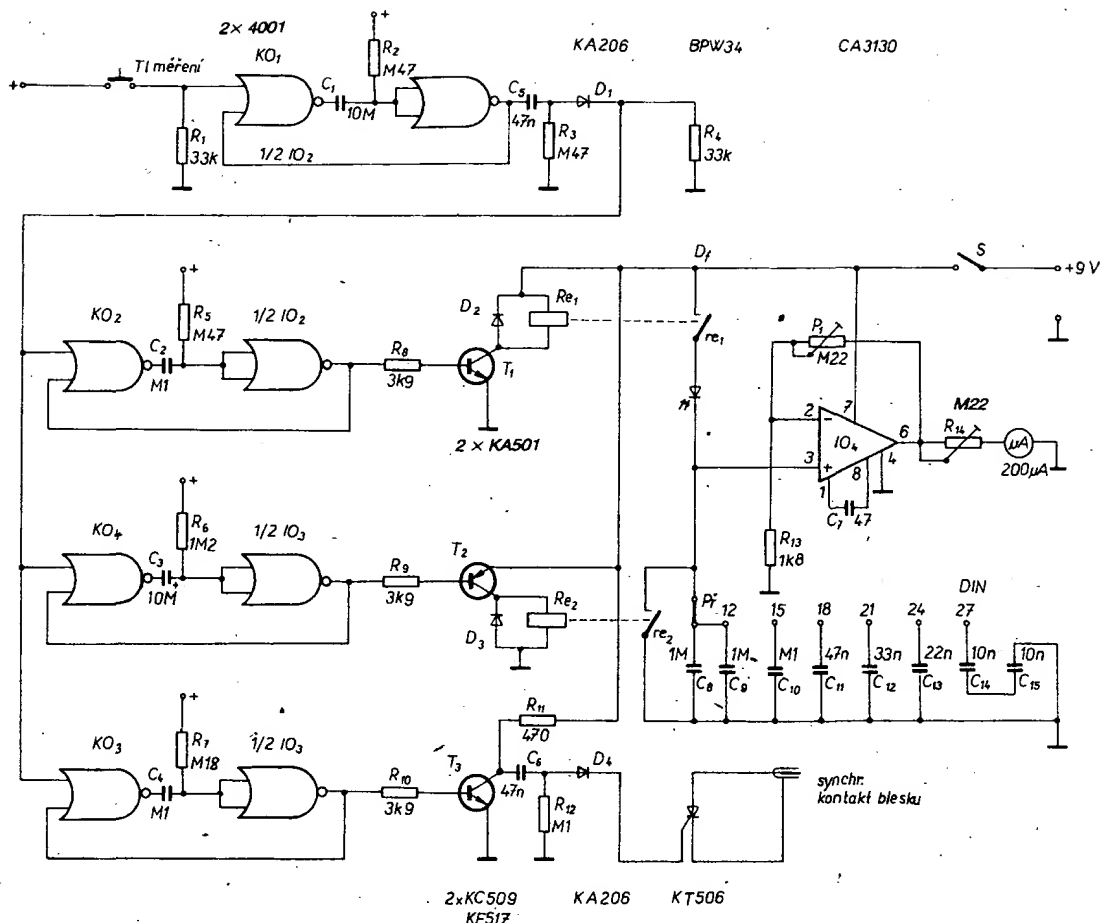
Popisovaný zábleskový expozimetr je určen pro měření expozice při fotografování s použitím zábleskového zařízení. Přesto, že při většině snímků se zábleskovým zařízením stačí pro určení expozice používat směrné číslo, případně vestavěnou expoziční automatiku zábleskového zařízení, při snímcích, které se nepořizují v „klasických“ podmínkách, nelze tyto metody určení expozice spolehlivě použít. Zvláště to platí pro makrofotografii, reprodukci diazitivů a ateliérové snímky s použitím několika „deštníkových“ reflektorů. Popisovaný přístroj měří světlo na matnici jednoboké zrcadlovky okulárem hledáčku. Přístroj změří záblesk a indikuje, je-li nastavená clona správná, a respektuje přitom i okolní osvětlení předmětu snímku. Dosahuje přesnosti 1/4 clonového čísla.

Princip měření je poměrně složitý. Je nezbytné, aby fotografický přístroj byl upevněn na stativu, a to je také předpokladem pro použití popisovaného přístroje. Po nastavení záběru a zaostření se objektiv fotografického přístroje nastaví do polohy „manuální ovládání“, čímž se clona uzavře na nastavenou hodnotu, například f:11. Zábleskové zařízení je v nabitěm stavu, jeho synchronizační kablík se po dobu měření připojí k expozimetru. Vstupní otvor expozimetru se přiloží k okuláru hledáčku fotografického přístroje. Po stisknutí tlačítka „měření“ se odpálí záblesk a ručka měřicího přístroje ukáže výchylku.

Když se ručka vychýlí do střední polohy, bude expozice správná, je-li výchylka příliš velká, postup se zopakuje buď s menší clonou nebo s větší vzdáleností zábleskového zařízení a naopak. Údaj měřidla zůstává asi po deset sekund konstantní, pak se ručka vrací automaticky na nulu.

Co se vlastně během měření děje? Při stisknutí tlačítka „měření“ se překlopí čtyři monostabilní klopné obvody, z nichž první o časové konstantě 2 sekundy „kompenzuje“ kmitání kontaktů tlačítka. Druhý klopný obvod aktivizuje na 1/60 sekundy fotoelektrické měření, při němž se nabíjí kondenzátor, na kterém se pak náboj udržuje. Třetí klopný obvod spouští se zpožděním 1/200 sekundy zábleskové zařízení tak, aby blesk „hořel“ v průběhu 1/60 sekundy fotoelektrického měření. Volba 1/60 sekundy vychází z toho, že je

– Podstatně větší pozornost musíme věnovat práci výzkumné a vývojové základny. Není toho málo, s čím nejsme spokojeni a co potřebujeme zlepšit. Před výzkumnou základnou musíme stavět jednoznačné a náročnější úkoly, které mají napomáhat rozvoji a zvyšování efektivnosti výroby. Nemůžeme pasivně přihlížet, že máme ještě výzkumné ústavy a pracoviště, které řeší nejrůznější problémy, ale v některých případech jenom v malé míře takové, které mají pro výrobu praktický význam. Přitom máme 9/10 potenciálu výzkumných ústavů v průmyslu přímo podřízených výrobním hospodářským jednotkám.



Obr. 36. Přesný expozimetr pro fotografii s elektronickým bleskem

to u většiny zrcadlovek nejkratší synchronizační čas, u přístrojů s odlišnou synchronizační rychlostí stačí změnit jeden odpor. Čtvrtý klopný obvod po deseti sekundách vybije kondenzátor, tím se ručka měřicího přístroje vrací na nulu.

Kondenzátory  $C_8$  až  $C_{15}$  jsou základem celého měření; integruje se na nich světlo, dopadající na fotočlánek během 1/60 s, a to světlo záblesku i okolní světlo. Dopadá-li na citlivou vrstvu filmu při správné expozici vždy stejné množství světla, nabije se kondenzátor (zapojený v sérii s fotočlánekem) vždy na stejné napětí. Při přesném měření se používá řada prvků, které nejsou přesně definovány, jako citlivost fotočlánku, kapacita a nabíjecí napětí kondenzátoru, citlivost měřidla a průměrný úhel jeho výchylky. To vše se kalibruje nastavením zesílení napěťového zesilovače s velmi velkým vstupním odporem.

Schéma zapojení přístroje je na obr. 36. Čtyři monostabilní klopné obvody používají logická hradla NOR v technologii MOS, ovládaná kladným impulsem. Hradla dodávají napětí kolem 9 V po dobu 0,38 RC při napájení 9 V. Přesnost těchto časových konstant není pro přístroj podstatná.

První monostabilní obvod s dobou překlopení dvě sekundy generuje na  $C_5$  a  $D_1$  krátký kladný impuls, kterým se ovládají zbývající tři klopné obvody (viz časový diagram na obr. 37).

Kvalita použitých součástek do značné míry rozhoduje o užitečných vlastnostech přístroje. Platí to i pro křemikovou foto-

diodu  $D_1$  typu PIN, použitou v originální konstrukci. Její poměrně velký povrch umožňuje dosáhnout velké citlivosti při téměř nulovém proudu (2 nA) bez osvětlení, rychlé odezvy (50 ns) a dokonalé linearity. Její proud v průběhu měření nabíjí kondenzátory  $C_8$  až  $C_{15}$  (volí se přepínačem volby citlivosti filmu).

Protože je třeba měřit napětí na kondenzátoru (12 až 200 nF), aniž by se při měření jeho náboj měnil, není možné použít pro napěťový zesilovač integrovaný operační zesilovač typu 741, ale typ se vstupem s FET, jehož vstupní odpor je kolem milionů megaohmů. Pro připojení fotodiody na 1/60 sekundy a pro obvod vybíjení kondenzátoru byla použita jazýčková relé, protože i nejlepší tranzistory mají příliš velký svod. Vinutí relé napájí běžné tranzistory  $T_1$  a  $T_2$ , řízené klopnými obvody  $KO_2$  a  $KO_4$ .

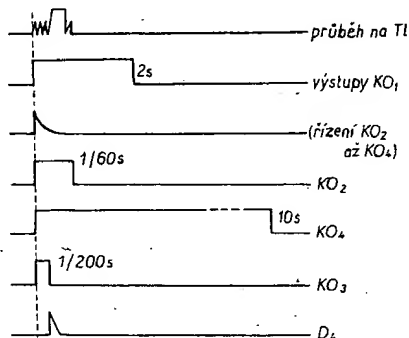
Vstupní napětí  $IO_4$  se mění mezi 0 a 8,7 V, zatěžovací odpor je nastaven tak, aby ručka měřidla měla při maximálním napětí maximální výchylku. Měřidlem je

také možné ověřovat napětí napájecí baterie. K tomu stačí zaměřit fotodiodu k dostatečně silnému zdroji světla a stisknout tlačítko „měření“.

Synchronizace zábleskového zařízení je řízena klopným obvodem  $KO_3$ , ze vstupní hrany jeho výstupního impulsu se obvodem  $T_3$ ,  $C_6$  a  $D_4$  odvozuje kladný impuls, otevírající tyristor, který zkratuje elektrody synchronizačního kabelu zábleskového zařízení. V této souvislosti je třeba upozornit, že synchronizační kabel je v zábleskovém zařízení připojen ke kondenzátoru, který se nabíjí na napětí asi 150 až 250 V, podle typu zábleskového zařízení.

Konstrukci přístroje je třeba věnovat potřebnou péči. Platí to nejen pro návrh desky s plošnými spoji, který musí vycházet z použitých součástí a není zvlášť kritický, ale i pro mechanickou konstrukci přístroje. Doporučuje se použít kovové pouzdro, propojené se záporným pólem napájecího napětí, které lze nasunout na okulár fotografického přístroje, s nímž se expozimetr bude používat. Zvláštní pozornost vyžaduje výběr přesných a stabilních kondenzátorů  $C_8$  až  $C_{15}$ . Spotřeba přístroje je asi 12 mA, takže k jeho napájení lze použít i destičkovou baterii 9 V.

Oživení a nastavení přístroje je jednoduché. Svůj fotografický přístroj umístěte na stativ ve vzdálenosti 2 až 3 metry od zdi. Určete běžným postupem clonu, kterou je třeba použít při daném blesku a dané citlivosti filmu (např. 21°). Tuto hodnotu nastavte na objektivu. Přepněte expozimetr do polohy 21 a připojte synchronizační kabel. Nasaďte expozimetr na okulár fotografického přístroje a stiskněte tlačítko „měření“. Tím se spustí zábleskové zařízení, ručka měřidla se vychýlí a po přibližně 10 sekundách se opět vrací na



Obr. 37. Průběhy signálů v zapojení

nulu. Je-li výchylka ručky menší než do středu stupnice, je třeba nastavit proměnný odpor  $P_1$  ve směru proti hodinovým ručkám (a opačně). V tomto postupu se pokračuje, dokud ručka neukazuje do středu stupnice. Toto nastavení je konečné a platí i pro filmy jiné citlivosti, při makrofotografii, pro jiné objektivy a jiná záblesková zařízení. Naproti tomu se může vyskytnout potřeba opravit nastavení při výměně matrice, nebo při použití jiného fotografického přístroje, protože je známo, že jas hledáčku se u jednotlivých značek fotografických přístrojů liší.

Závěrem uvádíme informaci o realizovaných zkouškách, zvláště pro ty, kteří nebudou mít možnost přístroj porovnávat s dostatečně kvalitním zařízením. Bylo použito zábleskové zařízení METZ 402, vybavené expoziční automatikou pro pět clonových čísel. Bylo zjištěno, že nastavení expozimetru při cloně f:11 zůstalo přesné i pro clony f:4, f:5,6 a f:16 pro citlivosti filmů 15 a 27 DIN. Praktické zkoušky při makrosnímku s měchovým zařízením na film 18 DIN byly provedeny nejprve se zábleskovým zařízením s plným výkonem (doba záblesku 1/250 sekundy) při nepřímém osvětlení a zjištěna clona f:8. Pak byly zvoleny dvě expozice s přímým osvětlením při clonách f:4 a f:11 (při této cloně je doba trvání záblesku 1/40 000 sekundy). Po vyvolání negativu bylo zjištěno, že všechny tři snímky byly exponovány perfektně se stejnou hustotou.

Le Haut Parleur, nouvelle série č. 21

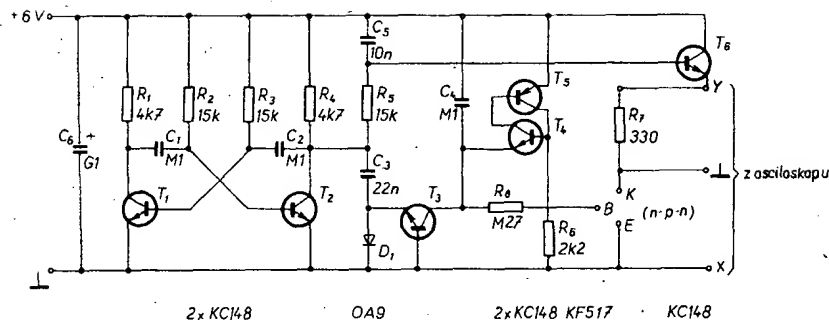
## Zobrazení charakteristik tranzistorů na osciloskopu

Popisované zařízení (obr. 38) patří mezi jednoduchá zapojení, která nejsou nákladná a jsou přitom velmi vítaná v amatérské praxi. Rozšiřuje možnosti využití osciloskopu, a mimo rozlišení stavu dobrý-špatný umožňuje také usuzovat na kvalitu zkoušených polovodičových součástek. Je také možné porovnávat různé tranzistory a vybírat pro dané použití ty nejvhodnější.

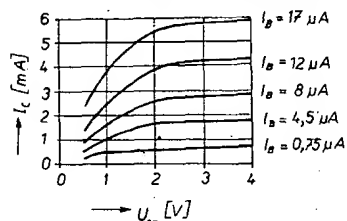
Pro měření je nezbytné použít osciloskop s možností zobrazení X – Y. Na stínítku tohoto osciloskopu je možné zobrazit závislost kolektorového proudu tranzistoru na napětí mezi kolektorem a emitorem při různých proudových bázích. Na obr. 39 je typický průběh této funkce (včetně proudů báze, se kterými přístroj pracuje). Z tohoto zobrazení je možné číst proudové zesílení tranzistoru a zjistit výstupní odpor tranzistoru. Platí zjednodušené pravidlo, že čím je plošší pravá část křivky, tím je odpor mezi kolektorem a emitorem větší.

Zapojení přístroje je na obr. 38. Mezi bodem Y (pro připojení ke vstupu Y osciloskopu) a bodem X (pro připojení ke kostře osciloskopu) je zapojen pracovní odpor  $R_7$  zkoušeného tranzistoru. Úbytek napětí na tomto odporu je podle Ohmova zákona úměrný kolektorovému proudu tranzistoru. Na vertikální ose stínítka obrazovky se tedy zobrazuje kolektorový proud. Emitor zkoušeného tranzistoru je spojen se vstupem X osciloskopu. V horizontální ose stínítka obrazovky se tedy zobrazuje napětí mezi kolektorem a emitorem.

Zobrazení křivek na stínítku obrazovky se dosahuje tím, že se na zkoušený tranzistor přivádějí dvě napětí: jedno z nich je napětí schodovitěho průběhu o pěti stupních, které se přivádí na bázi, druhé je napětí pilovitého průběhu, přiváděné současně na kolektor. Kolektorové napětí



Obr. 38. Zobrazení charakteristik tranzistorů na osciloskopu



Obr. 39. Kolektorové charakteristiky pro různé bázové proudy

se mění tak rychle, že se na stínítku osciloskopu zobrazí pět různých charakteristik pro pět různých proudů báze.

Napětí schodovitěho a pilovitého průběhu se vyrábí s využitím astabilního multivibrátoru. Ten je sestaven z tranzistorů  $T_1$  a  $T_2$  a generuje pravoúhlé napětí o kmitočtu přibližně 1 kHz. Pilovitý průběh se z tohoto pravoúhlého získává jednoduše integrací přes  $R_5$  a  $C_5$ . Potřebné napětí schodovitěho průběhu vzniká poněkud složitěji. Během náběžné hrany pravoúhlého impulsu se  $C_3$  nabíjí přes diodu  $D_1$ , až na provozní napětí. Během sestupné hrany téhož impulsu řídí vybíjecí se kondenzátor  $C_3$  krátkodobě tranzistor  $T_3$ . Tím se poněkud zmenší emitorové napětí  $C_4$ . Každý následující impuls pravoúhlého tvaru pak vede ke stupňovitěmu zmenšování emitorového napětí tranzistoru  $T_4$ . Tento pochod probíhá tak dlouho, dokud se  $T_4$  nedostane do plně vodivého stavu, tím se otevře  $T_5$ . Pak se  $C_5$  velmi rychle vybije a začíná nový cyklus. Napětí schodovitěho průběhu se přivádí přes odpor  $R_8$  na bázi zkoušeného tranzistoru.

Počet stupňů napětí schodovitěho průběhu závisí na poměru kapacit  $C_3$  k  $C_4$ . Při kapacitách uvedených ve schématu je to přesně 5. Počet stupňů je sice možné změnit použitím kondenzátoru  $C_4$  jiné kapacity, volba pěti stupňů však představuje kompromis mezi možností číst zajímavé parametry (zvláště proudové zesílení) a velikostí využitelné plochy obrazovky.

Při praktickém používání přístroje je třeba počítat s tím, že křivky zobrazované na stínítku osciloskopu mají proti dosud uvedenému popisu v ose X opačný průběh. Je to malá „chyba na kráse“, zato však je zapojení velmi jednoduché. Závažnější závadou patrně bude to, že v uvedeném zapojení je možné měřit pouze tranzistory n–p–n. Tento problém je možné vyřešit stavbou druhé podobné destičky pro zkoušení tranzistorů p–n–p. Použité součástky jsou totiž poměrně levné a úprava zapojení je snadná: pro  $T_1$  až  $T_4$  a  $T_6$  se použijí tranzistory p–n–p, pro  $T_5$  tranzistor n–p–n, dále je třeba obrátit polaritu  $C_6$ ,  $D_1$  a napájecího napětí. Přitom se sice dosáhne zobrazení křivek zcela doprava, zobrazení v ose Y je však „převrácené“. Na způsob čtení je však možné si snadno zvyknout.

Tímto zařízením je samozřejmě také možné zkoušet diody. Zkoušená dioda se

připojí anodou na bod  $R_7$  (bod K) a katodou na nulový bod napájení (bod X). V tomto případě se na stínítku obrazovky zobrazí charakteristika diody v propustném směru.

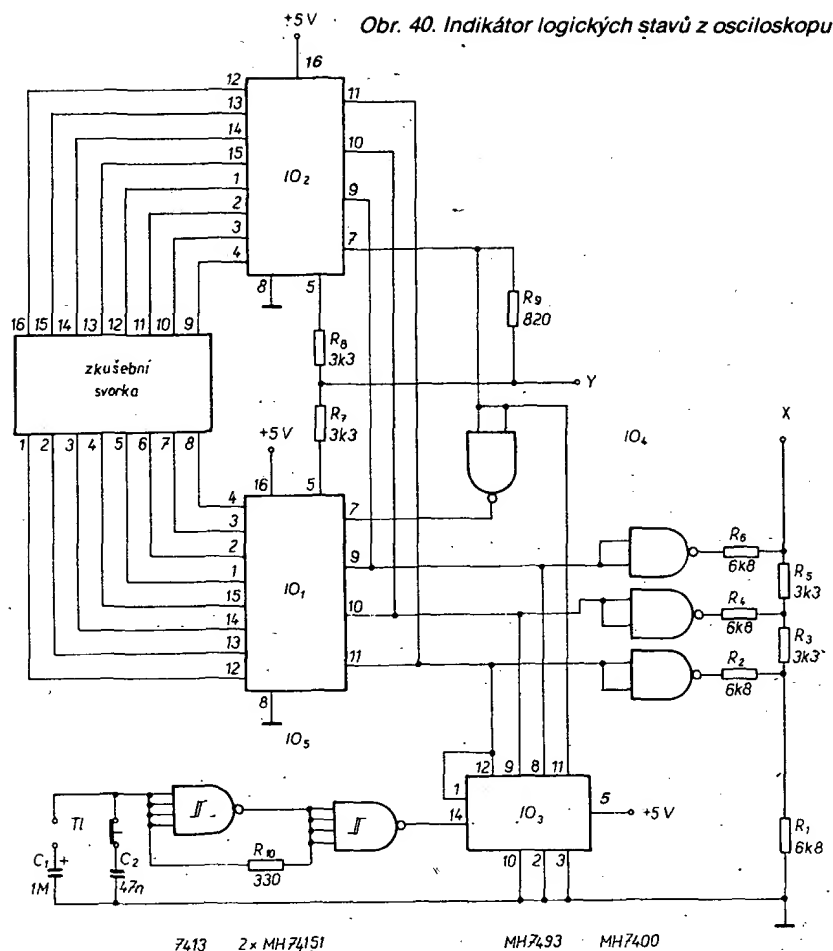
Závěrem je třeba poznamenat, že přes malou spotřebu přístroje je třeba použít pro napájení dobře stabilizované napětí. *Elektr, červen 1980*

## Indikátor logických stavů IO z osciloskopu

Při zkoušení obvodů s digitálními integrovanými obvody se používají logické sondy a to pro jednotlivé body, nebo pro současnou indikaci stavu na všech vývodech IO. V tomto případě jde o speciální svorky, na kterých se po nasunutí na vývody IO (podle stavu na jednotlivých vývodech) rozsvítí diody LED. Stejnou funkci však může splnit jeden z neuniverzálnějších elektronických měřicích přístrojů – osciloskop, použijeme-li ve spojení s ním popisované zařízení.

Indikátor (obr. 40) určený pro obvody v provedení DIL je vhodný ke zkoušení obvodů TTL, pokud se pro jeho konstrukci použijí obvody tohoto druhu. Logické signály se z vývodů šestnáctipólového pouzdra DIL snímají pomocí šestnáctipólové zkušební svorky. V zapojení indikátoru se ze 16 přiváděných signálů odvozuji dva nové signály: signál X a signál Y. Tyto signály pak řídí vodorovný a svislý vychylovací systém osciloskopu. Logické signály se na stínítku obrazovky zobrazují tak, že pokud mají všechny signály úroveň log. 0, je na stínítku obrazovky zobrazeno 16 bodů ve dvou řadách, rozmístěných podobně, jako vývody u obvodu DIL. Dosáhne-li signál v určitém bodě úrovně log. 1, pak se odpovídající světelný bod posune směrem nahoru. Podle vzájemné polohy bodů je tedy možné zjistit, která snímaná napětí mají úroveň log. 0 a která log. 1.

Šestnáct logických signálů se postupně snímá dvěma obvody multiplexeru pro funkci výběru dat, přičemž otevřené vstupy znamenají úroveň log. 1. Oba obvody pro výběr dat jsou řízeny čtyřbitovým binárním čítačem. Taktovací signál pro řízení tohoto čítače se získává z astabilního multivibrátoru. Čítač současně řídí digitální analogový převodník, na jehož výstupu je k dispozici napětí schodovitěho průběhu o osmi stupních. Toto napětí se používá k řízení horizontálního vychylování a určuje horizontální polohu indikovaných bodů. Vertikální poloha bodů se řídí jednak jedním z výstupů čítače (nejnižší bit), jednak logickým stavem vstupních signálů. Součtem těchto signálů vzniká signál Y.



V zapojení na obr. 40 se používají obvody TTL; 16 vstupních signálů musí tedy odpovídat požadavkům logiky TTL. Kmitočet pravouhlého napětí astabilního multivibrátoru je v běžném provozu 70 kHz. Při stisknutí tlačítka T1 se kmitočet snižuje na asi 3 kHz. Kdyby totiž kmitočet snímání byl ke kmitočtu vstupního signálu v poměru celého čísla, mohl by se zobrazený signál v rozporu se skutečností jevit jako statický a neproměnný. Stisknutím tlačítka je možné rychle zjistit, jestli k této situaci došlo. Součtový obvod je realizován odpory  $R_7$ ,  $R_8$  a  $R_9$ . Také převodník D/A je velmi jednoduchý a používá tři hradla, zapojená jako invertory, a odpory  $R_1$  až  $R_6$ .

Pokud by se přístroj měl používat výlučně pro měření v přístrojích s obvody typu CMOS, pak je možné indikátor osadit ekvivalentními obvody typu CMOS. I když by to v podstatě bylo možné, nedoporučuje se použít osazení obvody typu CMOS, mají-li být zkoušena zapojení s obvody TTL. V provedení podle obr. 40 je spotřeba indikátoru asi 125 mA ze stabilizovaného zdroje 5 V.

Elektor, leden 1979

### Nízkofrekvenční milivoltmetr 0 až 100 mV

Velmi jednoduchý a nenákladný milivoltmetr pro kmitočtové pásmo 20 Hz až 100 kHz, umožňující měřit střídavé napětí v rozsahu 0 až 100 mV, je zapojen podle schématu na obr. 41a. Jednoduchý vstup-

ní obvod není možné použít pro napětí větší než 100 mV – větší napětí se proto na vstup přivádí přes  $C_1$  na neinvertující vstup 3 integrovaného obvodu IO1. Tento vstup je polarizován napětovým děličem z  $R_1$  a  $R_2$ . Na invertující vstup operačního zesilovače se přivádí zpětnovazební napětí ze „střídavé svorky“ usměrňovacího můstku. Stupeň zpětné vazby určuje proměnný odpor P, zapojený v sérii s  $C_2$ . Tato kombinace je zapojena paralelně ke kondenzátoru C, jehož kapacita je 470 pF při použití operačního zesilovače typu 741. Při použití jiných operačních zesilovačů je možné při experimentálně vybraných kondenzátorech C dosáhnout lepšího kmitočtového průběhu. Použité zapojení

nevyžaduje pro napájení symetrický zdroj. Pro napájení lze použít napětí v rozmezí 8 až 20 V a to z baterie nebo ze síťového zdroje. Použitý mikroampérmetr měl citlivost 100  $\mu$ A a vnitřní odpor  $R_i = 2000 \Omega$  (pokud je u toho či onoho měřidla odpor  $R_i$  menší, lze jej doplnit vnějším sériovým odporem).

Citlivost přístroje se nastavuje proměnným odporem při vstupním signálu z generátoru o úrovni 100 mV na plnou výchylku ručky měřidla. Při tom je možné také zkontrolovat linearitu stupnice a kmitočtový průběh. Doba odezvy na skokové vstupní napětí je při operačním zesilovači typu 741 0,5 V/ $\mu$ s.

Pro méně vybavené a méně zkušené pracovníky je na obr. 41b uvedeno schéma nastavení citlivosti velmi jednoduchým způsobem. Používá se napětí o kmitočtu 50 Hz ze sekundárního vinutí síťového transformátoru. Děliče  $R_1$  a  $R_2$  přivádí na vstupní svorky milivoltmetru napětí

$$U_{\text{vst}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U.$$

U popisovaného přístroje potřebujeme získat napětí 0,1 V. Předpokládejme, že  $U = 10$  V a zvolme  $R_1 = 100 \Omega$ . Dosadíme do rovnice  $U_{\text{vst}}$ ,  $U$  a  $R_1$ :

$$0,1 = \frac{100 \times 10}{100 + R_2} = \frac{1000}{100 + R_2}, \text{ a odtud}$$

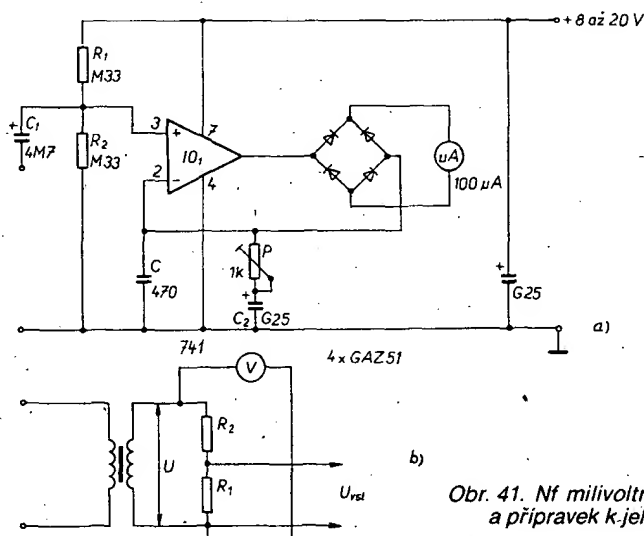
$R_2 = 10\,000 - 100 = 9900 \Omega$ , použijeme zaokrouhlenou hodnotu  $R_2 = 10\,000 \Omega$ . V tomto případě, budou-li všechny odpory přesné, bude  $U_{\text{vst}} = 99$  mV. Napětí na sekundárním vinutí transformátoru přitom měříme přesným střídavým voltmetrem.

Le Haut-Parleur č. 1625

### Digitální voltmetr používající kapesní kalkulač

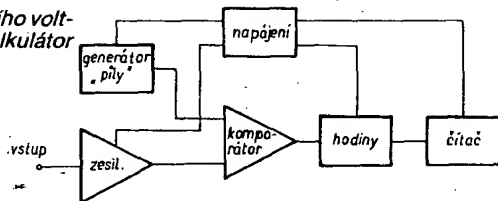
Měřicí přístroje s digitální indikací měřené veličiny, jako multimetry, voltmetry a měřiče kmitočtu se s ohledem na velkou přesnost a jednoduchost používání prosazují ve stále větším rozsahu. V některých případech však jejich cena brání použití v amatérské praxi. Proto může být zajímavý popisovaný přístroj, který využívá běžného kapesního kalkulač pro funkci čítače a displeje. Přesto, že nedosahuje parametrů profesionálních přístrojů, může pro běžné použití vyhovět.

Použitý princip převodu analogové veličiny na digitální je jednoduchý. Spočívá v generování impulsu, jehož délka je úměrná měřenému napětí, a ve změření této délky. Blokové schéma měření je na



Obr. 41. Nf milivoltmetr 0 až 100 mV (a) a přípravek k jeho cejchování (b)

**Obr. 42. Blokové schéma digitálního voltmetru, používajícího k indikaci kalkulátor**



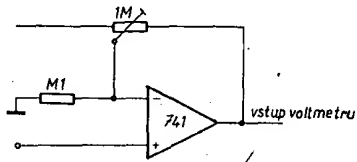
obr. 42. Napětí z generátoru pilovitého průběhu se porovnává s měřeným napětím. Dokud je měřené napětí větší než napětí pilovitého průběhu, hodinový generátor přivádí signál do čítače. Když je napětí pilovitého průběhu větší než měřené napětí, čítání se zastaví.

Schéma zapojení měřícího doplňku je na obr. 43. Vstupní obvod s  $I_{O_2}$  tvoří operační zesilovač, zapojený jako sledovač napětí. Potenciometrem  $P_2$  je možné dělit vstupní napětí pěti, je-li větší než 10 V. Jeho odpor 1 M $\Omega$  je možné bez potíží zvětšit až na 10 M $\Omega$ , pokud je třeba, aby voltmetr měl velký vstupní odpor. Generátor napětí pilovitého průběhu ( $P_1$ ,  $R_1$ ,  $T_1$ ,  $C_1$ ) je založen na nabíjení kondenzátoru  $C_1$  konstantním proudem. Pro dosažení „rychlosti pily“ 1 V/s je při kapacitě  $C_1 = 250 \mu F$  třeba použít potenciometru  $P_1 = 1 M\Omega$ . Kondenzátor  $C_1$  je možné vybě přepínačem, který současně přerušuje čítání. Tento „návrat do nuly“ je třeba realizovat mezi dvěma měřeními, současně se nuluje displej kalkulátoru. Pro funkci komparátoru se používá operační zesilovač  $I_{O_2}$ , zapojený jako diferenciální zesilovač s velkým ziskem. Jeho vstupní napětí je kladné, je-li vstupní napětí menší než napětí pilovitého průběhu. Generátorem taktovacího kmitočtu je astabilní multivibrator sestavený z hradel typu CMOS. Stav logické nuly na vývodu 6 nebo 13 integrovaného obvodu  $I_{O_3}$  zastavuje čítání.

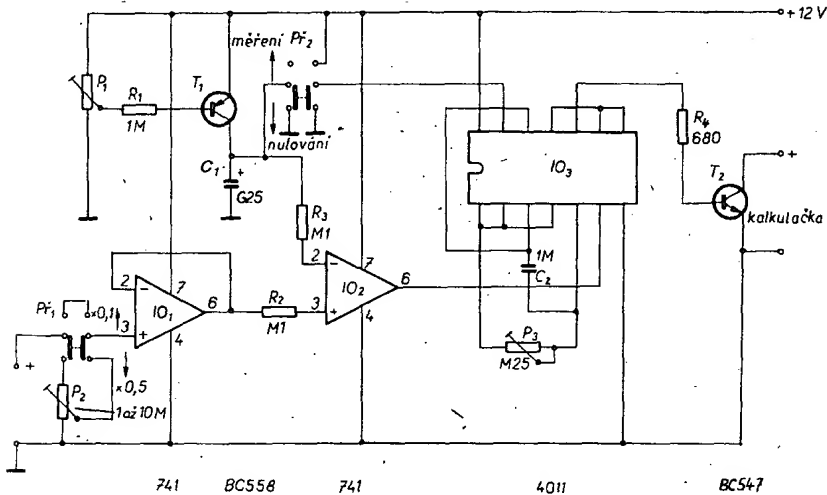
Jako vlastní čítač se používá kapesní kalkulátor. Stačí kalkulátor nejjednoduššího typu pro čtyři základní početní úkony, který je třeba upravit připojením vývodů z bodů, ke kterým je připojeno tlačítko „ = “. Tyto dva vývody je nejlépe připojit na konektor, který se v kalkulátoru upevní. S připojeným měřicím doplňkem se tyto vývody při každém taktovacím impulzu zkratují tranzistorem T<sub>2</sub>. Konstrukce přístroje je jednoduchá, většina součástek byla umístěna na desce s plošnými spoji. Pro napájení se používá síťový zdroj 12 V.

Přístroj se nastavuje po připojení napájecího napětí, při přepínači  $P_2$  v poloze „nulování“, při přepínači  $P_1$  v poloze „x0,1“ takto: Na vstup voltmetru se připojí napětí kolem 10 V a stiskne se tlačítko „+“. Pak se přepínač  $P_2$  přepne do polohy „měření“. Kalkulátor po určitou dobu čítá a pak se zastaví. Potenciometr se nastaví tak, aby doba čítání byla asi 10 sekund. Pro další měření se přepínač  $P_2$  musí přepnout do polohy „nulování“, tím se kalkulator vynuluje, před dalším měřením se stiskne tlačítko „+“ a přepínač  $P_2$  se přepne do polohy „měření“. V dalším postupu nastavování se na vstup přivede stejnosměrné napětí 4 až 9 V. Přepínač  $P_2$  se přepne do polohy „nulování“, stiskne se tlačítko „+“ a přepínač  $P_2$  se přepne do polohy „měření“. Proměnný odpor  $P_3$  se nastaví tak, aby údaj měřeného napětí byl co nejpresnější. Při dalším měření se tento postup opakuje opět od nulování. Pak se přepne přepínač rozsahu do polohy „x0,5“, na vstup se přivede známé napětí mezi 20 až 50 V. Na displeji kalkulatoru se objeví 0,5 místo 0,1 měřeného napětí. Potenciometr  $P_2$  se nastaví tak, aby se dosáhlo co nejpresnější shody údaje s velikostí měřeného napětí.

Na rozsahu „0,1“ se přístroj používá pro měření v rozsahu 2 až 10 V, na rozsahu „0,5“ se měří napětí mezi 10 a 50 V. Rozsah měření je možné podle potřeby rozšířit použitím děličů (bez potíží až do 1000 V), případně vstupního zesilovače (viz obr. 44) s různými rozsahy (5× : 400 mV až 2 V, 10× : 200 mV až 1 V,



**Obr. 44. Vstupní zesilovač**



**Obr. 43. Schéma zapojení přípravku ke kalkulačnímu**

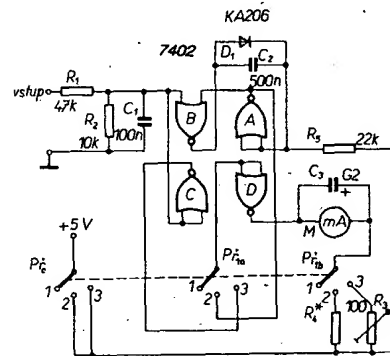
50× : 40 mV až 200 mV, 100× : 20 mV až 100 mV).

*Revista Española de Electrónica, červec 1981*

## Otáčkoměr a měřič úhlu sepnutí kontaktů přerušovače

Jednoduchý kompaktní přístroj používá pouze jeden integrovaný obvod pro dvě funkce: pro měření rychlosti otáčení a pro měření úhlu sepnutí kontaktů přerušovače spalovacího motoru v motorových vozidlech.

V zapojení na obr. 45 jsou hradla A a B zapojena jako monostabilní multivibrátory, používající  $R_3$  a  $C_2$  jako časovací prvky. Při chodu motoru spouští spínání a rozpinání kontaktu přerušovače monostabilní multivibrátor, který generuje impulsy o konstantní amplitudě a šířce a s takovým opakovacím kmitočtem, který je funkcí rychlosti otáčení motoru. Je-li přepínač funkcí v poloze 2 (otáčkoměr), jsou impulsy přiváděny na hradlo D („budič“ měřidla). Na velké kapacitě kondenzátoru  $C_3$  se pulsující napětí integruje tak, že výchylka ručky měřidla odpovídá rychlosti otáčení.



**Obr. 45. Otáčkoměr a měřič úhlu sepnutí kontaktů**

Je-li přepínač funkcí v poloze 3 (měření úhlu sepnutí kontaktů přerušovače), používá se hradlo C jako inverter, jehož impulsy se přes  $Pr_1$  přivádějí na hradlo D. Impulsy se integrují na kondenzátoru  $C_3$  a výsledné ss napětí se měří měřidlem M. V tomto režimu činnosti přístroje se monostabilní klopný obvod z hradel A a B nepoužívá.

V režimu „měření úhlu sepnutí kontaktů přerušovače“ se přístroj kalibruje s přepínačem funkcí v poloze 3 tak, že při zkratovaných vstupních přívodech se nastaví  $R_3$  na plnou výchylku ručky měřidla – ta pak odpovídá úhlu mezi výstupy váčkového hřídele rozdělovače – pro čtyřválcový motor je to 90°.

Stupnice otáčkoměru se cejchuje po určení požadovaného maximálního počtu otáček, který bude odpovídat maximální výchylce ručky měřidla. Vynásobením rychlosti otáčení v otáčkách za minutu počtem válců a vydělením výsledku 120 lze zjistit odpovídající nízkofrekvenční kmitočet. Např. rychlosti otáčení 6000 ot/min pro čtyřválců odpovídá kmitočet 200 Hz. Odpor  $R_k$  je třeba nastavit (nebo zvolit) tak, aby se při kmitočtu 200 Hz na vstupu dosáhlo plné výchylky ručky měřidla. Z uvedeného vztahu je možné zjistit i další kmitočty, odpovídající různým

rychlostem otáčení, pro které se bude cejchovat stupnice.

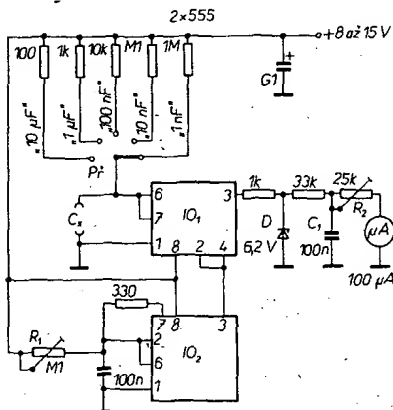
Realizace i instalace jsou jednoduché. Přístroj se spojí příslušným přívodem s kostrou vozu, vstup se připojí na vývod kontaktu přerušovače. Tento vodič je třeba vést mimo dosah pohyblivých částí motoru a části s vysokou provozní teplotou. Přístroj zapojený podle schématu je určen pro motorová vozidla se záporným pólem baterie na kostře. Vlastní přístroj musí být umístěn v zorném poli řidiče, ale tak, aby nerušil výhled řidiče. Pro trvalou instalaci ve vozidle je třeba dodržet příslušná ustanovení a předpisy pro vybavení motorových vozidel, jinak je přístroj možné také používat jako doplněk při nastavování chodu motoru.

Popular Electronics, listopad 1972

## Jednoduchý měřič kapacity

Popisovaný přístroj umožňuje měřit kapacity kondenzátorů od desítek pF do desítek  $\mu\text{F}$  s dostatečnou přesností. K indikaci naměřených kapacit se používá libovolné měřidlo o citlivosti 100  $\mu\text{A}$  na plnou výchylku ručky.

Zapojení přístroje je na obr. 46. Skládá se v podstatě ze dvou časovacích obvodů typu 555, z nichž jeden pracuje jako astabilní a druhý jako monostabilní klopný



Obr. 46. Jednoduchý měřič kapacit ( $IO_1$  – monostabilní klopný obvod,  $IO_2$  – astabilní klopný obvod,  $f = 900 \text{ Hz}$ )

ný obvod. Protože je výstupní napětí monostabilního klopného obvodu omezeno Zenerovou diodou na konstantní velikost, je indikace lineárně závislá na poměru obou časových konstant, to znamená, že přístroj má pro měření kapacit lineární průběh stupnice.

Časové konstanty se vypočítají ze vztahů

$$T = 0,69RC \text{ (pro astabilní klopný obvod) a}$$

$$T = 1,1RC \text{ (pro monostabilní klopný obvod).}$$

Indikace je lineární samozřejmě jen pokud, pokud je časová konstanta astabilního klopného obvodu menší než časová konstanta monostabilního klopného obvodu.

Když se dělič kapacity přepne na nejmenší rozsah, ručka měřidla se ani bez připojeného kondenzátoru nevrátí na nulu. Způsobují to nevyhnutelné vstupní kapacity a částečně také zbytkové napětí časovacího obvodu. Tuto výchylku je však

možné poměrně snadno kompenzovat příslušnou korekcí mechanické nuly měřidla.

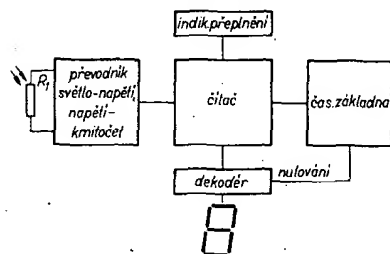
Funkschau č. 2/1979

## Univerzální číslicový fotometr

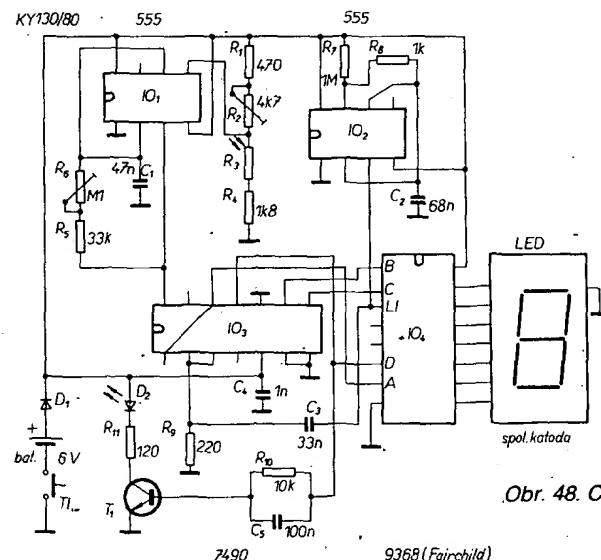
Většina komerčních fotometrů využívá dosud analogového principu měření. Popisovaný přístroj používá digitální měření a změnou úroveň osvětlení indikuje na číslicovém displeji. Podobná jednoúčelová zařízení se používají v moderních fotografických přístrojích pro expoziční automatiku, která má zajišťovat negativy s rovnoměrnou hustotou a vhodným kontrastem.

Fotometr je ovšem možné použít i v řadě jiných aplikací, například v chemických laboratořích (průběh některých reakcí závisí na úrovni a rovnoměrnosti osvětlení apod.). Fotometr je také nepostradatelným měřicím přístrojem v oboru osvětlovací techniky. Je také možná jeho aplikace jako čidla v zabezpečovací technice. S malými změnami lze zařízení použít jako světelné relé, spínající při předem určené úrovni osvětlení. Binární informace, dodávaná číslicovým fotometrem, je také použitelná v systémech řízených mikroprocesorem, určených pro automatické řízení určitých operací, atd. Rozsah možných aplikací je tedy velmi široký.

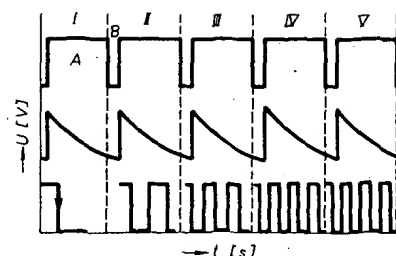
Blokové schéma zapojení přístroje je na obr. 47. Pro převodník světla na napětí se využívá lineárního fotoodporu (AR 12/1981, str. 22), jehož odpor se, jak známo, mění podle intenzity osvětlení (jeho odpor se se zvětšující se intenzitou osvětlení zmenšuje). Napětí, úměrné osvětlení, se pak převádí na kmitočet, který se přivádí do obvodů čítače a displeje, kde se běžným způsobem zpracovává. Protože přístroj s ohledem na složitost a náklady používá pouze jednomístný displej, je



Obr. 47. Blokové schéma přístroje



Obr. 48. Celkové schéma zapojení



Obr. 49. Průběhy signálů ( $A = 47 \text{ ms}$ ,  $B = 47 \mu\text{s}$ , kmitočet odpovídající osvětlení dělen počtem obdélníků = číslo na displeji)

vybaven indikátorem překročení měřicího rozsahu.

Podrobné schéma zapojení je na obr. 48. Převodník napětí na kmitočet je tvořen integrovaným obvodem  $IO_1$ , spolu s připojenými součástkami  $R_1$ ,  $R_2$ , fotoodporem  $R_3$ , dále  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$  a  $C_1$ . Integrovaný obvod typu 555, který je zapojen jako astabilní klopný obvod, má důležitou vlastnost: kmitočet generovaného signálu je nepřímo úměrný řídicímu napětí, přivedenému na vývod 5. Řídicí napětí se získává na sériové kombinaci fotoodporu a pevného odporu  $R_4$ . Tak se získává signál o kmitočtu, úměrném intenzitě osvětlení, detekované fotoodporem.

„Indikační“ část přístroje je tvořena obvodem  $IO_2$  (s přidruženými součástkami), který společně s obvody  $IO_3$ ,  $IO_4$  a LED vytváří čítač, dekodér, budič a digitální displej. Obvod pracuje jako jednomístný měřič kmitočtu a počítá impulsy přicházející z obvodu  $IO_1$  za určitý časový interval. Vždy při zahájení dalšího cyklu čítání je čítač nulován.

Obvod  $C_5$ ,  $R_{10}$ ,  $R_{11}$ ,  $T_1$  a  $D_2$  indikuje blikáním svítivé diody, že byla překročena horní mez měření.

Pro napájení přístroje se používají čtyři tužkové články 1,5 V, zapojené v sérii, což umožňuje konstrukci v přenosném provedení. Dioda  $D_1$  má dvojí funkci: kromě toho, že zmenšuje napájecí napětí na potřebnou úroveň  $5 \text{ V} \pm 5 \%$ , používá se i jako ochrana před zničením obvodů při případném obrácení polarit napájecího napětí.

Při popisu funkce předpokládáme, že přístroj je již správně nastaven (minimální a maximální úroveň osvětlení). Chceme-li určit podíl, který má měřený světelný zdroj na osvětlení (v procentech), které bylo zvoleno za referenční, ponecháme světlo měřeného zdroje dopadat na foto-



odpor. Při stisknutí tlačítka T1 dopadající světlo zmenší odpor fotoodporu  $R_3$  a napětí na vývodu 5 obvodu IO<sub>1</sub> se úměrně zmenší. To způsobí změnu vnitřního referenčního napětí obvodu IO<sub>1</sub> a změnu kmitočtu generovaného signálu. Jako řídicí napětí je možné uvažovat maximálně 4,37 V a minimálně 2,68 V. Změnou odporu  $R_2$  se nastavuje nula, tedy bod vysazení oscilací IO<sub>1</sub>, změnou odporu  $R_6$  se nastavuje kmitočet, který bude základem stupnice.

Obvod IO<sub>1</sub> generuje signál nejvyššího kmitočtu při řídicím napětí 2,68 V a odporu  $R_6$  nastaveném na minimum. Signál nejnižšího kmitočtu se získává při řídicím napětí 4,37 V a odporu  $R_6$  nastaveném na maximum.

Při běžci  $R_6$  v poloze minimálního odporu je kmitočet obvodu IO<sub>1</sub> asi 460 Hz, což je možné určit ze vztahu:

$$f = \frac{1}{1,4(R_5 + R_6)C_1}$$

Základní kmitočet, vypočítaný pro  $R_6 = 0$ , je 115 Hz (dosadíme do stejného vztahu). Základní kmitočet má výstupní signál tehdy, nepřivádí-li se na vývod 5 obvodu IO<sub>1</sub> žádné řídicí napětí. Řídicí napětí ovlivňuje vnitřní komparátory integrovaného obvodu a tím se generovaný kmitočet mění.

Signál se z obvodu IO<sub>1</sub> odebrá z vývodu 3 a přivádí se na vstup 14 čítače IO<sub>3</sub>. Jde o čítač TTL typu 7490, který je dostatečně známý.

Obvod IO<sub>2</sub> je zapojen jako astabilní klopný obvod, dodávající asymetrický pravouhlý signál (aktivní cyklus je delší než cyklus nulování). Nulovací impuls trvá kolem 47  $\mu$ s. Signál z výstupu IO<sub>3</sub> (číslíce v binárním tvaru) se přenáší do dekodéru a jeho paměti a zobrazuje se na číslicovém displeji.

Na obr. 49 je časový diagram, ukazující souvislost řídicích signálů (aktivace, uložení v paměti, cyklování) se signálem, jehož kmitočet je úměrný měřenému zdroji světla.

Při skončení nulovacího impulsu z IO<sub>2</sub> podrží dekodér poslední informaci na výstupech čítače, dokud se údaje nevyňulují a není zahájen nový cyklus čítání.

Dekodér snímá a dekoduje binární signály na vstupech, je-li na vývodu 3 úroveň log. 0. Přivede-li se na vývod 3 úroveň log. 1, dekodér podrží tuto informaci po celou dobu, kdy se na vývodu 3 udržuje úroveň log. 1, bez ohledu na to, jaké binární signály se přivádějí na vstupy obvodu. Popsaný pochod probíhá asi jednadvačetkrát za sekundu, takže změny světelné intenzity jsou registrovány dostatečně rychle.

Pro snadné nastavení odporu  $R_6$  při kalibraci přístroje byl v zapojení použit jednoduchý obvod překročení rozsahu měření, který pracuje takto: přivede-li se na čítač větší počet impulsů, než jaká je jeho kapacita, generuje se na jeho výstupu „přenosový“ impuls, který se přivádí ve složitějších zapojeních do další dekády čítače. V tomto případě se zmíněný impuls přivádí do báze tranzistoru T<sub>1</sub>, který se otvírá.  $R_{10}$  a  $C_5$  slouží pro filtraci signálů, které není možné vyhodnotit jako signály přenosu.

Konstrukce přístroje je jednoduchá a nepotřebuje zvláštní komentář. Pokud jde o zkoušení, doporučuje se každý stupeň fotometru po dokončení oživit samostatně, zjistit a odstranit případné závady. Když se zdá, že je vše v pořádku, je možné přejít ke kalibraci.

Nejprve je třeba nastavit „nulu“. Přitom se čidlo přístroje vystaví minimálnímu

osvětlení. Po stisknutí tlačítka se na displeji zobrazí libovolné číslo. Zmenšováním odporu  $R_2$  se dosáhne zobrazení nuly na displeji. Pak se opět odpor  $R_2$  zvětšuje až do okamžiku, kdy nula z displeje mizí. Tento postup se několikrát opakuje.

Poté se čidlo vystaví osvětlení maximální intenzity, kterou budeme pokládat za referenční, protože bude maximálním měřeným osvětlením. Nesmí přitom blikat svítivá dioda, indikující překročení rozsahu. Když je přitom na displeji zobrazen údaj menší než 9, pomalu zmenšujeme odpor  $R_6$ , dokud nedosáhneme zobrazení číslíce 9 a začátku blikání svítivé diody. Bliká-li svítivá dioda a displej ukazuje číslici menší než 9, zvětšuje se odpor  $R_6$ , dokud se nedosáhne indikace číslíce 9 při blikající diodě. Tím je přístroj připraven pro použití k rozlišování úrovně osvětlení.

Pro použití jako měřicí přístroj je vhodné zařízení kalibrovat pomocí komerčního cejchovacího fotometru. Tím se získá definovaný stav mezi údaji obou přístrojů a digitální fotometr pak vyhoví pro většinu aplikací, kde není na závalu jeho rozlišovací schopnost, omezená použitím jednodílného displeje.

Přístroj je možné využívat i v systémech, používajících mikroprocesorové řízení. Binární informace o úrovni osvětlení je k dispozici na výstupech čítače ve tvaru čtyřbitového slova. Tuto informaci je možné uložit ve čtyřbitové paměti a pak předat na sběrnici mikroprocesoru.

Závěrem lze konstatovat, že tento digitální fotometr přes jednoduchou koncepci (zvolenou s ohledem na dosažení minimálních nákladů) vyhoví pro většinu použití. Nedoporučuje se však použít pro montáž integrovaných obvodů typu 555 objímky, protože výměna nebo záměna těchto obvodů by mohla ovlivnit správnost již udělané kalibrace. IO<sub>4</sub> by bylo možné nahradit obvodem MH7475 a D146 (pak lze použít displej se společnou anodou).

Antenna, květen 1980

## Hlukoměr

Přístroje pro měření úrovně hluku, případně zvuku nacházejí v současné době další aplikace, jako je například kontrola hlasitosti hudebních produkcí nebo diskoték. Popisovaný přístroj je poměrně jednoduchý, má však pro běžné použití vhodné parametry. Měří úroveň hluku v pěti rozsazích po 10 dB, celkový rozsah měření je 70 až 120 dB, s přesností měření 1/2 dB. Prototyp popisovaného přístroje měl chybu měření  $\pm 1$  dB. Zapojení hlukoměru je uvedeno na obr. 50. Akustický signál se snímá mikrofonom M, za kterým je zapojen obvod  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $R_1$  a  $R_2$ . Tyto součástky spolu s kapacitou mikrofону a vstupní impedancí připojeného zesilovače tvoří filtr, zajišťující pro zapojení kmitočtový průběh podle mezinárodních

zvyklostí. Signál se pak přivádí na operační zesilovač IO<sub>1</sub>, jehož citlivost se přepíná přepínačem P<sub>1</sub> v pěti měřicích rozsazích.

Diody D<sub>1</sub> až D<sub>4</sub> usměrňují střídavé napětí na výstupu operačního zesilovače a přes odpor  $R_5$  se usměrněné napětí přivádí na měřidlo. Protože usměrňovač je zapojen ve zpětnovazební větvi zesilovače, je indikace v celém rozsahu lineární. Pro ochranu použitého měřidla proti příliš velkým výstupním napětím je použita dioda D<sub>5</sub>, omezující výstupní napětí usměrňovače, je-li hlukoměr přepnut na příliš citlivý rozsah měření a je-li měřený hluk příliš velký. Kondenzátory  $C_5$  a  $C_6$  a odpor  $R_7$  se používají pro fázovou a kmitočtovou kompenzaci zesilovače.

Odběr přístroje je za běžného provozu kolem 2 mA, proto je pro jeho napájení možné použít dvě destičkové baterie 9 V. Tlačítko T1, kterým se přístroj zapíná, nemá aretaci, čímž je zajištěno vypnutí přístroje ihned po skončení měření. Stupnice by měla mít logaritmické dělení s konečnou hodnotou + 10 pro měření v decibelech. Přístroj je možné kalibrovat porovnáním s komerčně vyráběným typem hlukoměru.

Elektor, červenec/srpen 1979

## Nízkofrekvenční wattmetr

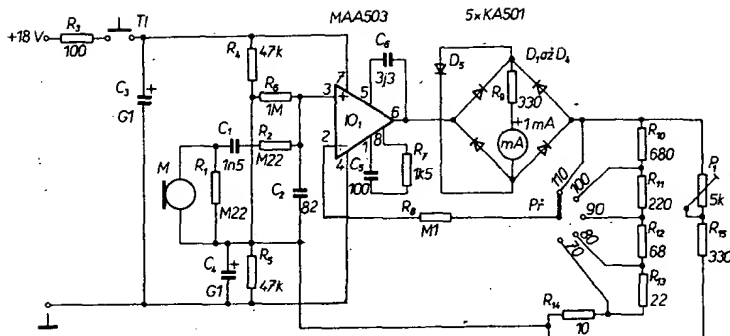
V době, kdy se pro ozvučování veřejných sálů, ale i bytových prostorů používají nízkofrekvenční zesilovače o výkonu desítek, nezdídky i stovek wattů, může být pro řadu uživatelů zajímavý doplněk zesilovače pro indikaci nízkofrekvenčního výkonu. Princip měření je možné použít pro libovolný zesilovač. Velmi jednoduchým přístrojem je možné měřit úroveň napětí na výstupu zesilovače, takže při používání reproduktorů o impedanci, pro kterou je přístroj navržen (4  $\Omega$ ) lze měřit výkon na dvou rozsazích – 50 a 200 W. Pro indikaci výkonu se používá běžné ručkové měřidlo o citlivosti 1 mA.

Zapojení nízkofrekvenčního wattmetru je na obr. 51. Závislost mezi výstupním výkonem  $P_a$  a výstupním napětím zesilovače má kvadratický průběh, což je zřejmé z definice rovnici

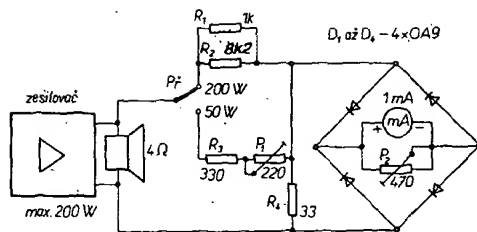
$$P = \frac{U_{ef}^2}{R_z}$$

kde  $R_z$  je zatěžovací odpor.

Protože však kvadratický průběh stupnice může ztěžít čtení měřených údajů, přivádí se výstupní napětí zesilovače přes odporový dělič na můstkový usměrňovač. Pro převod kvadratické závislosti na lineární se využívá typického průběhu charakteristiky germaniových diod. Pokud napětí



Obr. 50. Zapojení hlukoměru



Obr. 51. Nízkofrekvenční wattmetr

na můstkovém usměrňovači nepřekročí 1,4 V, zajišťuje charakteristika diod kvadratický průběh závislosti proudu na napětí. Prakticky to znamená, že proud diodami je úměrný čtverci výstupního napětí ( $U_{\text{out}}^2$ ). Použijeme-li pro měření tohoto proudu měřidlo s otočnou cívkou, dosáhneme – samozřejmě po nastavení – u nízkofrekvenčního wattmetru přibližně lineární stupnice.

Aby bylo možno měřit i menší výkony, byly u popisovaného přístroje použity dva rozsahy, které se přepínají – P1 – odporový. Není třeba používat zvlášť přesné odpory – nastavení umožňují potenciometry P1 a P2. Je zřejmé, že po malé úpravě lze přístroj použít i pro jiné zatěžovací impedance, případně navrhnout pro jiné rozsahy měření. Přitom je však důležité, aby vnitřní odpor použitého měřidla nebyl příliš velký, měl by být 100 až 180 Ω.

Po zapojení je třeba přístroj nastavit, nejlépe společně se zesilovačem. Na vstup zesilovače se připojí tónový generátor, nastavený na 1 kHz. Na výstup zesilovače se připojí popisovaný nízkofrekvenční wattmetr. Při měření se doporučuje s ohledem na sluch odpojit reproduktory a použít odporovou zátěž. Paralelně k nízkofrekvenčnímu wattmetru se připojí univerzální měřicí přístroj, přepnutý na měření střídavých napětí. V poloze přepínače P1 „200 W“ se regulátorem hlasitosti postupně zvětšuje ní výkon zesilovače. Než ručka wattmetru dosáhne konce stupnice, je třeba nastavit P2 tak, aby tímto proměnným odporem protékal větší proud. Když univerzální voltmetr ukazuje napětí 28,3 V, pak to při zátěži 4 Ω odpovídá výkonu 200 W; proměnným odporem P2 se nastaví plná výchylka ručky měřidla wattmetru. Pak se regulátor hlasitosti „stáhne“ tak, až univerzální voltmetr ukazuje výstupní napětí 14,1 V. To odpovídá výstupnímu výkonu 50 W. Pak se přepínač přepne do polohy „50 W“ a trimrem P1 se nastaví ručka měřidla na plnou výchylku. Tím je nastavení wattmetru skončeno.

*Elektr. č. 2/1981*

### Nízkofrekvenční milivoltmetr s lineární indikací pro kmitočty až do oblasti MHz

Silné zakřivení charakteristiky diod v propustném směru způsobuje při usměrňování malých napětí, že proud protékající měřidlem není úměrný přiváděnému napětí. Tím dochází ke zhoršení vlastností milivoltmetru – nelinearitě je možné omezit mimo jiné také použitím proudové záporné zpětné vazby z výstupního usměrňovače na vstup zesilovače.

Pro účinnou linearizaci pomocí proudové zpětné vazby je třeba, aby zpětnova-

zební proud byl úměrný vstupnímu napětí. Zapojení na obr. 52 ukazuje realizaci popsaného řešení.

Zesilovač má dobré vlastnosti (širokopásmovost) a dostatečnou rezervu zesílení. Proud detektorem vyvolá na odporu  $R_6$  úbytek napětí. Toto napětí se používá jako zpětnovazební signál. Jednoduchým způsobem tak získáme zesilovač se silnou zápornou zpětnou vazbou. Proudová zpětná vazba linearizuje poměr vstupního napětí k výstupnímu proudu. Dosažený linearizační účinek je značný. Experimentálně nebylo možné zjistit podstatné odchylky od lineárního vztahu mezi vstupním napětím a výstupním proudem v rozsahu od 5  $\mu\text{A}$  do 100 mA v pásmu 20 Hz až 1 MHz. Výstupní proud 100  $\mu\text{A}$  přitom odpovídal vstupnímu napětí 100 mV.

Pro porovnání byly změněny vlastnosti zapojení bez zpětné vazby (odpor  $R_6$  zkratován). Při výstupním proudu 30  $\mu\text{A}$  byla zjištěna nelinearita 25 %, a při výstupním proudu 10  $\mu\text{A}$  nelinearita 100 %. Velikost záporné zpětné vazby a tím i citlivost je možné nastavit změnou odporu  $R_6$ . V tabulce jsou uvedeny charakteristické parametry zesilovače v závislosti na odporu  $R_6$ .

$R_6$	Napětové zesílení	Dolní mezní kmitočet	Horní mezní kmitočet	Vstupní impedance
[ $\Omega$ ]		[Hz]	[MHz]	[k $\Omega$ ]
0	2000	100	0,65	
11	100	30	9	20
111	10	10	24	100

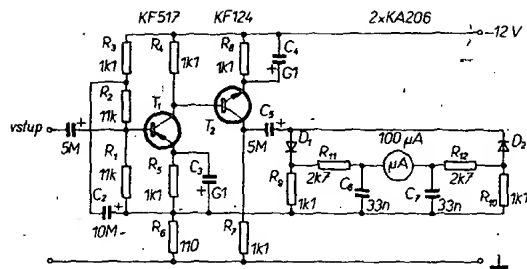
*Funkamateur č. 5/1981*

## Generátory signálů

### Levný generátor přesného síťového kmitočtu pro hodiny

Je všeobecně známo, že signálem síťového kmitočtu u nás nemůžeme řídit ani digitální hodiny, ani hodiny se synchronním motorem, protože síťový kmitočet je vždy nižší než 50 Hz. Denní zpoždění hodin je proto 10 až 20 minut.

Bylo již popsáno několik způsobů, jak vytvořit časový normál 50 Hz, ale krystalový generátor, dělič kmitočtu, zesilovač z diskretních součástí a transformace impulsů – to vše je dosti složité a navíc – výstupní signál má jakýsi tvar, který sinusovku připomíná jen vzdáleně. Kromě toho, impulsy měly po zesílení sklon k rušení „všeho“ a některé druhy synchronních motorů se nenechaly ošidit – při napájení rádoby sinusovým signálem prostě odmítaly vyvíjet jakoukoli činnost. Zařízení potřebovalo krystal, hodné pouzder IO, stabilizovaný zdroj.

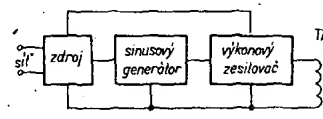


Obr. 52. Ní milivoltmetr s lineární indikací pro kmitočty do oblasti MHz

Proto jsem si zvolil jinou cestu. Popisovaný přístroj není řízen krystalem a přitom jím napájené hodiny budou přesnější, než běžné hodiny. Při pečlivém nastavení nemusí být odchylka hodin od správného času větší než  $\pm 20$  s denně (i méně).

Generátor nebo celé zařízení můžeme použít k pohonu synchronních motorků hodin, i jako zdroj 50 Hz pro digitální hodiny, případně vestavěné do rozhlasového přijímače.

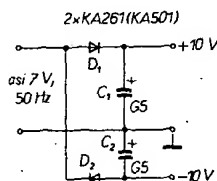
Blokové schéma celého zařízení je na obr. 53. Skládá se ze čtyř částí: ze zdroje, sinusového generátoru, výkonového zesilovače a převodního transformátoru.



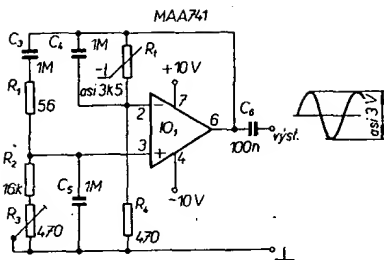
Obr. 53. Blokové schéma generátoru

Zdrojová část je rozdělena, společným dílem je jen napájecí transformátor, který je typu EI20 s výškou svazku 20 mm. Primární vinutí (síťové) má 3000 závitů o  $\varnothing 0,11$  mm, sekundární I (pro napájení sinusového generátoru, obr. 54) má 100 závitů drátu o  $\varnothing 0,1$  mm (asi 7 V), sekundární II pro napájení výkonového zesilovače má 200 závitů drátu o  $\varnothing 0,4$  mm (asi 14 V). Nebylo by na škodu, kdybychom použili i větší transformátor. Usměrňovače a filtrační kondenzátory jsou umístěny na deskách s plošnými spoji jednotlivých funkčních celků. Napájecí napětí nepotřebuje žádnou stabilizaci.

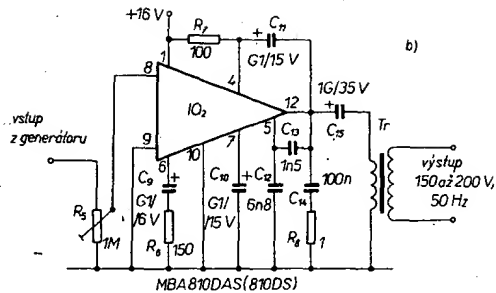
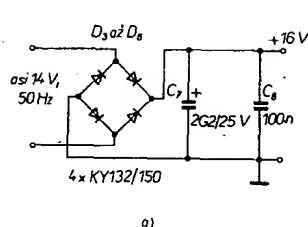
Generátor sinusových kmitů je na obr. 55. Jedná se o Wienův můstek s operačním zesilovačem (ve zjednodušené formě), na výstupu OZ dostaneme napětí sinusového průběhu s malým zkrácením a amplitudou asi 3 V. Termistor  $R_1$  zaručuje amplitudovou stabilizaci i tvar výstupního napětí a musíme použít perlickový typ (některý z těchto typů: 12NR08, 12NR15, 12NR10, 12NR17). Odpory generátoru by měly být stabilní, kondenzátory také (ve vzorku byly použity obyčejné miniaturní odpory, kromě  $R_1$  a  $R_2$ , a kondenzátory papírové zalísované válcové, přitom přístroj pracuje uspokojivě). Odporovým trimrem  $R_3$  nastavíme měřičem periody kmitočet výstupního napětí 50 Hz



Obr. 54. Zdroj napájecího napětí generátoru sinusového signálu



Obr. 55. Generátor sinusového signálu

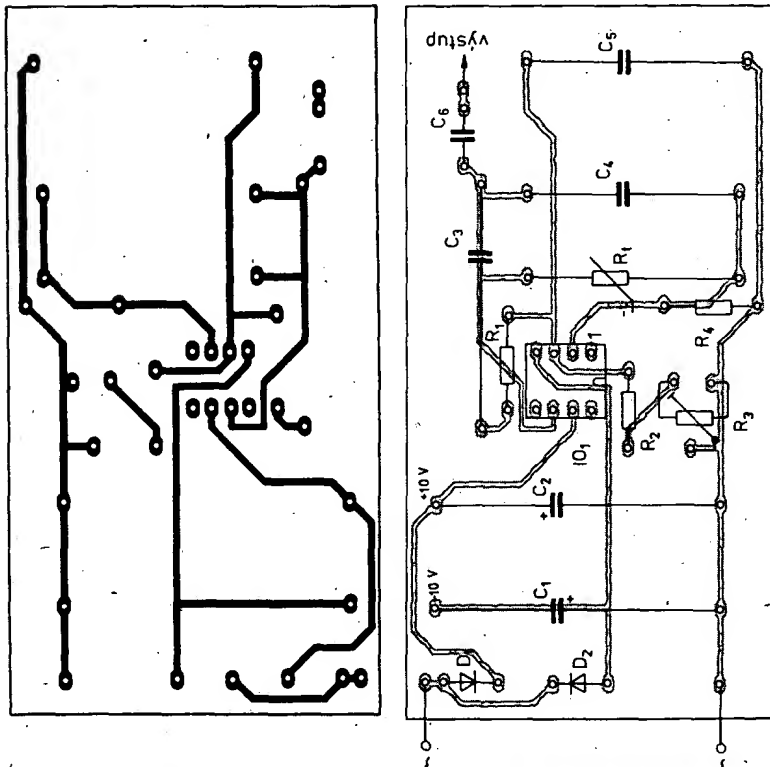


Obr. 56. Výkonový zesilovač. (b) a jeho napájecí zdroj (a)

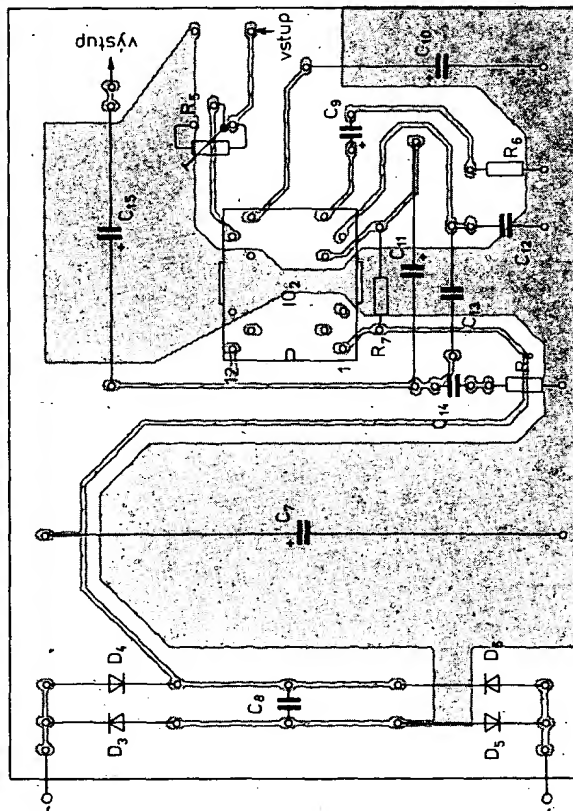
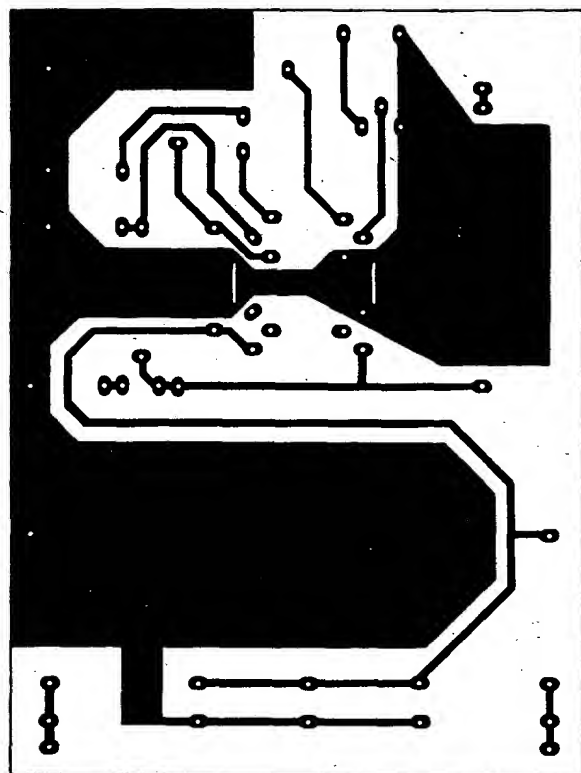
(20 000  $\mu$ s). Potom bude výhodné, změřit  $R_2$  a  $R_3$  a použít jiné odpory tak, aby  $R_3$  tvořil jen malou část celkového odporu kombinace  $R_2 + R_3 = 16,250$  k $\Omega$ . Použijeme pevný odpor (vybíráme, nebo složíme)  $R_2 = 16$  k $\Omega$  a trimr 470  $\Omega$ . Na výstupu musíme dostat sinusové napětí. Nebude-li tvar sinusovky pravidelný, pak je nesprávný termistor, nebo se liší kapacity kondenzátorů od uvedených více, než je únosné.

Dalším dílem přístroje je výkonový zesilovač podle obr. 56a, b. Využijeme výhody monolitického zesilovače MBA810DS (nebo DAS), s vestavenou tepelnou ochranou, z něhož můžeme odebírat výkon 4 až 5 W. Obvykle ani tolik nebudeme potřebovat, ale každopádně obvod opatříme chladičem s co největší plochou. Napájecí napětí nemá překročit 16 V.

Na vstup zesilovače přivedeme sinusový signál a na osciloskopu kontrolujeme tvar výstupního signálu. Výstup zesilovače je zatížen transformátorem. Odporovým trimrem  $R_5$  zmenšujeme úroveň vstupního signálu tak, by vrcholky sinusovky na výstupu nebyly omezeny (oříznuty). Výstupní amplituda na primárním vinutí bude asi 3 V, proto podle toho stanovíme i poměr převodního transformátoru. Použil jsem transformátor s jádrem M17 (M55), primární vinutí má 40 závitů drátu o  $\varnothing 0,4$  mm, sekundární vinutí 3000 závitů drátu o  $\varnothing 0,15$  mm. Na zátěži na sekundárním vinutí dostaneme 150 až



Obr. 57. Deska s plošnými spoji Q202 generátoru sinusového signálu se zdrojem napájecího napětí



Obr. 58. Deska s plošnými spoji Q203 výkonového zesilovače se zdrojem napájecího napětí

200 V, signál má sinusový tvar a kmitočet přesně 50 Hz.

Synchronní motorky v hodinách mají obvykle odběr 15 až 20 mA, při napájení z popisovaného zdroje pracuje tedy výkonný zesilovač s rezervou, potřebují-li větší proud, pak výkonný zesilovač zatěžujeme až „na doraz“.

Oba transformátory a obě desky s plošnými spoji (obr. 57 a 58) byly upevněny na jednu nosnou desku a přikryty bakelitovou krabicí 120 × 170 × 60 mm bez větracích děr (viz fotografie na obálce). V takovém případě se uvnitř krabice vytvoří „mikroklima“ s poměrně stálou teplotou kolem 35 °C (zesilovač MBA810 má na pouzdře asi 60 °C, napájecí transformátor přibližně také). Po uplynutí delšího času (několik hodin po dosažení teplotní rovnováhy) nastavíme definitivně kmitočet výstupního signálu pomocí  $R_3$ .

Potřebujeme-li větší výkon, než můžeme odebrat z MBA810, pak lze použít výkonný zesilovač MDA2010, příp. 2020 na 18, popř. 25 W, kterými již můžeme napájet nejen synchronní motor, ale i větší přijímač s magnetofonem a vestavenými digitálními hodinami. Zapojení zůstane celkem zachováno, bude třeba pouze zaměnit napájecí a výstupní transformátor za výkonnější typy. Výkonný zesilovač lze zapojit podle některého z návodů, které již byly v AR otištěny.

## Výkonný ultrazvukový generátor

Oblast aplikací ultrazvuku je velmi rozsáhlá. Od čištění nerůznějších předmětů (brýlí, hodinek, šperků atd.) přes lékařskou elektroniku, zabezpečovací zařízení, pomůcky pro nevidomé, pájení hliníku, odpuzování komárů, dálkové ovládání, až po speciální aplikace (jako ultrazvuková holografie a vojenská technika) – všude se můžeme setkat s využitím ultrazvuku. Ve všech vyjmenovaných aplikacích se používají jednak generátory ultrazvukového kmitočtu, jednak potřebné ultrazvukové měniče, převádějící střídavé elektrické napětí na akustický signál. V dalším textu je popsán univerzální výkonný ultrazvukový generátor, který je možné používat pro experimenty v různých aplikacích.

V praxi se používají dva druhy měničů – magnetostrikční a piezoelektrické. Protože výroba magnetostrikčního měniče je poměrně náročná a nákladná, pro amatérské použití přicházejí v úvahu měniče na základě piezoelektrické keramiky, které se vyrábějí průmyslově. Popisovaný

generátor je možné používat pro všechny typy piezokeramických ultrazvukových měničů. Dodává napětí pravoúhlého průběhu a to nemodulované, s modulací jiným pravoúhlým napětím nebo s modulací kmitočtovou. Výstupní signál v kmitočtovém pásmu 3 až 60 kHz má výkon podle potřeby, popř. podle použitého napájecího zdroje (60 až 240 W). Takový generátor je základním přístrojem pro všechny výkonové experimenty s ultrazvukem, ať již jde např. o ultrazvukovou čističku, nebo zabezpečovací zařízení apod.

Schéma zapojení generátoru je na obr. 59 a dělí se na čtyři části: výkonný zesilovač ve třídě B, modulovaný nebo nemodulovaný oscilátor, sestavený z invertorů v technologii CMOS, výkonná napájecí část a zdroj napájení oscilátoru.

Výkonný zesilovač, pracující ve třídě B, který tvoří tranzistory  $T_3$ ,  $T_4$  a dvojice tranzistorů  $T_1$  a  $T_2$ , by mohl při odporové zátěži dodávat proud 5 A. Paralelní spojení tranzistorů pro  $T_1$  a  $T_2$  se může zdát poněkud „barbarské“, ovšem v režimu plného otevření a plného zavření lze toto zapojení použít. Je však nutné zajistit dostatečný budicí proud pro báze (ten dodávají tranzistory  $T_3$  a  $T_4$ ), aby bylo zaručeno, že se oba tranzistory dvojice dostanou spolehlivě do saturace. V zapojení koncových stupňů stabilizovaných zdrojů, nebo nízkofrekvenčních zesilovačů se běžně v emitech tranzistorů používají odpory, zajišťující rovnoměrné rozdělení proudu ve dvou nebo třech paralelních tranzistorech, tvořících koncový tranzistor. Rovnoměrnému rozdělení proudu pak odpovídá i rovnoměrné rozdělení zatížení jednotlivých tranzistorů – tyto úpravy zapojení není třeba u tohoto generátoru používat.

V pracovním režimu tranzistorů  $T_1$  a  $T_2$ , které jsou buď v saturovaném, nebo blokováném stavu, odpovídá tepelná ztráta jednotlivých tranzistorů ztrátě na diodě při obdobném zatížení. Dosažený výkon koncového stupně závisí na použitém napájecím napětí. Pro napětí 60 V je možné dosáhnout přibližně výkonu

$$P_{\max} = 60 \text{ V} \times 4 \text{ A} = 240 \text{ W}.$$

Tranzistory  $T_3$  a  $T_4$  tvoří Darlingtonův zesilovač n-p-n, tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  tvoří Darlingtonův zesilovač polarity p-n-p. Koncový stupeň je tedy komplementární.

Rídící oscilátor, kterým se buď koncový stupeň generátoru, používá integrovaný obvod CMOS, obsahující šest invertorů. Jde vlastně o dva oscilátory, označené ve schématu jako oscilátor 1 a oscilátor 2. Kombinace kondenzátoru  $C_6$  a proměnného odporu  $P_2$  určuje kmitočet osciláto-

ru 1. Tento oscilátor se používá pro modulaci signálu z oscilátoru 2 pomocí tranzistoru  $T_5$ . Základní kmitočet oscilátoru 2 určuje kombinace  $R_3$ ,  $C_5$  a  $P_1$ . První oscilátor tedy může pracovat v nízkofrekvenční oblasti, a modulovat ultrazvukový oscilátor 2.

Kmitočet obou oscilátorů je možné nezávisle řídit, takže generátor je skutečně univerzální a může se použít například jako generátor pro sirénu poplašného zařízení s kmitočtovou modulací nebo pro provoz ultrazvukové čističky. Pro přibližné určení kmitočtu oscilátoru je možné použít vztah

$$T = 2,25RC,$$

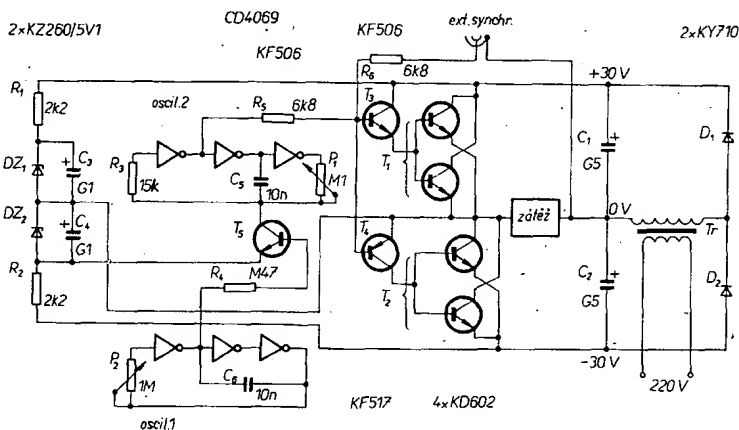
kde  $T$  je doba trvání cyklu oscilací,  $R$  je odpor proměnného odporu  $P_2$ ,  $C$  se rovná  $C_6$ . Použití odporu  $R_3$  v oscilátoru 2 není nezbytné, zlepšuje však stabilitu kmitočtu v závislosti na napájecím napětí. V oscilátoru 2, který je kmitočtově modulován, to však nemá zvláštní význam.

Napájecí část je třeba dimenzovat podle požadovaného maximálního výkonu. Výstupní napětí a maximální proud zdroje musí odpovídat předpokládané potřebě. Předpokládá-li se použití jen pro čištění ultrazvukem, je možné s napájecím napětím „jít“ až k mezímu napětí použitých tranzistorů.

Oscilátory mají přesto, že byl použit obvod v technologii CMOS, který má výrazně menší spotřebu než obvody v technologii TTL, poměrně značnou spotřebu. Je to způsobeno tím, že k nabíjení a vybíjení použitých kondenzátorů je při vysokém kmitočtu třeba určitá energie. Ke správnému napájení oscilátoru je proto třeba zajistit proud minimálně 10 mA při napětí 5 V. Použitý obvod se Zenerovými diodami  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $DZ_1$  a  $DZ_2$  zajišťuje poměrně stabilní napětí 6 až 10 V pro napájení integrovaného obvodu. K napájení oscilátoru je samozřejmě také možné použít usměrněné napětí z odděleného sekundárního vinutí síťového transformátoru (3 až 4 V/100 mA).

Konstrukční provedení generátoru není náročné, součástky jsou umístěny na desce s plošnými spoji, výkonné tranzistory jsou opatřeny přiměřenými chladiči. Před uváděním do provozu se běžce proměnných odporů nastaví do střední polohy. Výstup generátoru se zatíží odporem 1 k $\Omega$  (pro zatížení minimálně 10 W). Po zapnutí přístroje se buď střídavým voltmetrem, nebo osciloskopem ověří, odpovídá-li výstupní napětí omezení napájecím napětím, tj. dosahuje-li se saturace. Při nízkých kmitočtech (8 až 10 kHz) je oteplení výkonových tranzistorů nepatrné. Náběžné hrany impulsů jsou poměrně velmi strmé, proto je malý i rozptýlený výkon. Při zvyšování kmitočtu (nastavením proměnného odporu) do pásma 80 až 100 kHz je však situace jiná. Zde již představují náběžné a sestupné hrany impulsů až třetinu doby trvání cyklu, což vysvětluje i větší oteplení koncových tranzistorů. Rychlost (strmost) náběžných a sestupných hran výstupního napětí je omezena koncovými tranzistory, protože doba trvání náběžné hrany pro obvod CMOS je kolem 150 ns.

Pro použití generátoru budou stručně popsány dvě aplikace. První z nich je poplašná siréna. Využívá piezokeramického měniče o rozměrech  $\varnothing 10 \times 0,2$  mm, umístěného ve středu kruhové membrány z hliníkové fólie o tloušťce 0,1 mm. Je třeba si uvědomit, že mechanické tlumení mění značně účinnost i rezonanční kmitočet celé soustavy. Piezokeramický ultrazvukový měnič („zátěž“ na obr. 56) je opatřen na obou čelních plochách postříbřenou vrstvou, ke které je třeba přivést napájecí napětí.



Obr. 59. Výkonný ultrazvukový generátor

Provedení vývodů je třeba věnovat zvýšenou pozornost. Je možné použít kontakt, přitlačovaný pružinou. Autor původní konstrukce použil opatrně připájený tenký drát (0,05 až 0,1 mm), který nezavádí prakticky žádné přidavné tlumení. Nejlépe je v tomto případě fídit se doporučením výrobce. Po připojení dokončeného měniče ke generátoru se změnou nastavení  $P_1$  a  $P_2$  vyhledá rezonance, která v popisovaném příkladu byla kolem 3 kHz. Dosahovaná úroveň hlasitosti je přitom velmi vysoká, proto pozor na citlivé sluchové orgány. V porovnání s tradičními sirénami má toto provedení větší výkon i lepší akustickou účinnost – uvádí se, že je navíc asi pětikrát levnější.

Druhou aplikací je ultrazvuková čistička. Bohužel nelze realizovat nádobu tak velkou, aby její rezonance odpovídala rezonančnímu kmitočtu měniče. Bylo vyzkoušeno originální improvizované provedení: používá plechovku konzervy, na jejíž dno se upevní piezokeramický měnič. Upevnění disku měniče s postříbenými čely není jednoduché a vyžaduje pečlivou práci, zvláště s ohledem na dosažení potřebného elektrického kontaktu. Pokud není k dispozici vodivý tmel, lze použít běžnou epoxidovou pryskyřici po zdrsnění dna plechovky tak, aby vzniklé výstupy pronikly vrstvou lepidla a zajistily spolehlivý kontakt. Mezi měnič a dno plechovky je také možno pro dosažení kontaktu vložit jemnou měděnou sítku. Po připojení kontaktu ke druhé postříbené ploše se plechovka naplní kapalinou (podle účelu je možné použít vodu, případně s detergentem, často se používají rozpustidla, freon) je možné připojit generátor a zjistit v voltmetrem nebo osciloskopem při otáčení proměnným odporem oscilátoru rezonanci. Před vlastním čištěním je třeba získat určité zkušenosti, je totiž možné se setkat s některými nežádoucími účinky ultrazvuku (oxidační nebo katalytické), které mohou ovlivnit výsledky čištění.

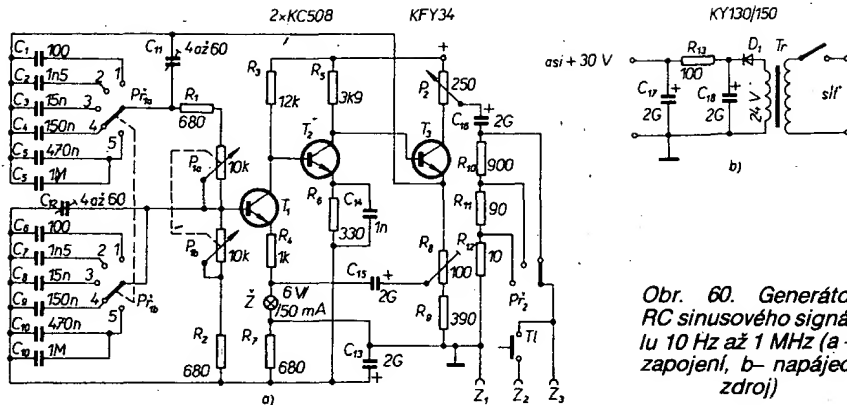
Le Haut Parleur, č. 1583

## Generátor RC sinusového signálu 10 Hz až 1 MHz

Přístroj tohoto typu se v amatérské praxi používá velmi často k měření nízkofrekvenčních zesilovačů, filtrů, zařízení pro dálkové ovládání s tónovými kmitočty atd. Koncepce jeho řešení s tranzistory má i v dnešní době speciálních integrovaných obvodů pro generátory funkcí své oprávnění. Je to nejlépe vidět z parametrů přístroje: kmitočtový rozsah 10 až 1 MHz je rozdělen do pěti rozsahů 10 až 100 Hz, 100 až 1000 Hz, 1 kHz až 10 kHz, 10 kHz až 100 kHz, 100 kHz až 1 MHz; vestavěný obvod stabilizace výstupního napětí udržuje na výstupu konstantní úroveň 2 V, kterou je možné přepínatelným zesilovačem zmenšit na 200 mV a 20 mV. Plynulá regulace výstupního napětí umožňuje nastavovat libovolné napětí od maximálního až do nuly. Výstupní napětí je sinusové s činitelem zkreslení menším než 0,3 %.

Zapojení přístroje je na obr. 60. Obvod určující kmitočet používá Wienova-Robinsonova můstku, jehož výstupní napětí zesiluje stejnoměrně vázaný zesilovač. Vstup zesilovače je připojen k úhlopříčce můstku, který je napájen výstupním zesilovačem. Vstupní i výstupní napětí má stejnou fázi.

Všechny tři stupně zesilovače s  $T_1$ ,  $T_2$  a  $T_3$  používají stejnosměrnou vazbu. Stupně s tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  pracují v emitorovém zapojení. Tranzistor  $T_3$  pracuje s rozdělenou zátěží, takže zesílený signál se odebírá jak z emitoru, tak i z kolektoru.



Obr. 60. Generátor RC sinusového signálu 10 Hz až 1 MHz (a – zapojení, b – napájecí zdroj)

Napětí odebírané z emitoru  $T_3$  má stejnou fázi jako vstupní napětí a přivádí se na můstek. V kolektoru  $T_3$  je zapojen potenciometr  $P_2$ , z něhož se odebírá výstupní napětí. Zpětnovazební napětí a výstupní napětí je tedy od sebe odděleno, takže zatížení na výstupu neovlivňuje amplitudovou stabilizaci, ani kmitočet, ani zkreslení.

Pro dosažení stabilních pracovních bodů je přes všechny tři stupně zesilovače zavedena silná stejnosměrná záporná zpětná vazba. Emitorové odpory, které nejsou přemostěny kondenzátory, zavádějí současně také přidavnou střídavou zápornou zpětnou vazbu. Z odbočky odporového trimru  $R_6$ , zapojeného v emitoru  $T_3$ , se zavádí silná střídavá záporná zpětná vazba do emitoru  $T_1$ . Žárovka  $Z$ , zapojená v emitoru  $T_1$ , slouží pro stabilizaci amplitudy signálu. Úroveň výstupního napětí se nastavuje pomocí  $R_8$  na 2 V. Výstupní napětí se přivádí přes  $C_{16}$  na třípolohový přepínač, kterým se nastavuje jeho úroveň skokově na 2 V, 200 mV, 20 mV. Jemně lze úroveň výstupního napětí nastavit potenciometrem  $P_2$ .

Kondenzátory  $C_1$  až  $C_{12}$  se používají jako prvky, určující „hrubě“ kmitočet. „Jemně“ se kmitočet v nastaveném rozsahu mění tandemovým potenciometrem  $P_{10}$ ,  $P_{15}$ .

Přístroj se napájí ze síťového transformátoru 220/24 V přes usměňovací diodu  $D_1$  a filtrační kondenzátory  $C_{17}$  a  $C_{18}$ . Samozřejmě je možné použít i dvoucestné usměrňování. Výstupní napětí se odebírá na zdírkách  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ . Mezi zdírkami  $Z_1$  a  $Z_3$  je signál vyveden přímo, na zdířku  $Z_2$  je signál přiveden přes tlačítko, což je výhodné při nastavování zařízení pro dálkové ovládání s tónovou volbou.

Konstrukci a mechanickému provedení včetně stupnice je třeba věnovat péči odpovídající stavbě měřicího přístroje. Součástky jsou na desce s plošnými spoji, přístroj je umístěn v kovové skřínce.

Uvedení do provozu a kalibrace přístroje začíná kontrolou funkce přístroje na všech rozsazích, pokud jde o amplitudu signálu a jeho tvar. Je třeba k tomu použít nř voltmetr a osciloskop. Ke kalibraci je nutno použít druhý, kalibrační generátor a osciloskop. Přesná shoda kmitočtu se kontroluje Lissajousovými obrazci. Kalibrační generátor se připojí na vstup X, kalibrovaný generátor na vstup Y. Přepínač časové základny osciloskopu se uvede do polohy „Externí“. Kalibrace začíná na rozsahu 10 až 100 Hz, na kmitočtu 20 Hz. Na tento kmitočet se nastaví kalibrační generátor a po dosažení příslušného obrazce na obrazovce se na stupnici kalibrovaného generátoru označí poloha značkou. Pak se pokračuje na dalších kmitočtech podle požadované přesnosti dělení stupnice. Podobně se zkalibrují další rozsahy. Pro kalibraci je

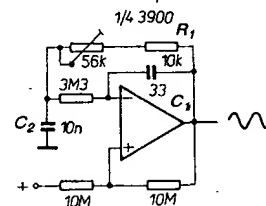
samozřejmě možné použít modernější postup s využitím číslicového měřiče kmitočtu.

Funktechnik č. 15/1973

## Jednoduchý generátor funkcí pro jeden kmitočet

Funkční generátor pro univerzální použití s minimálním počtem součástek lze realizovat se čtveřicí Nortonových zesilovačů v jednom pouzdře LM3900.

Pro zapojení sinusového generátoru stačí jen jeden Nortonův zesilovač podle zapojení v obr. 61. Když se v tomto zapojení vynechá odpor  $R_1$  a kondenzátor  $C_1$ , dojdeme k standardnímu zapojení generátoru pravouhlého napětí s Nortonovým zesilovačem.



Obr. 61. Jednoduchý generátor funkcí s Nortonovým zesilovačem – generátor sinusového signálu

novým zesilovačem, ve kterém časovací proud protéká kondenzátorem  $C_2$ . Umístí-li se do tohoto zapojení integrační kondenzátor  $C_1$ , vzniká z generátoru pravouhlého napětí generátor sinusového napětí s poměrně dobrým sinusovým průběhem na výstupu. Odpor  $R_1$  pomáhá přizpůsobit časové konstanty obvodu a lze jím nastavit minimální zkreslení výstupního sinusového napětí.

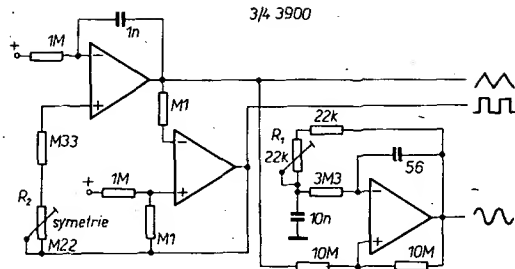
Podobný obvod je možné doplnit ke standardnímu zapojení generátoru pravouhlého a trojúhelníkovitého napětí se dvěma Nortonovými zesilovači. Ze zapojení na obr. 62 je zřejmé, že výstup trojúhelníkovitého napětí se používá jako vstup pro zesilovač sinusového stupně.

Pro součástky uvedené v obrázku je pracovní kmitočet zapojení kolem 700 Hz. Odpor  $R_1$  se používá k nastavení minimálního zkreslení sinusového průběhu, odpor  $R_2$  k nastavení symetrie trojúhelníkovitého a obdélníkovitého napětí. V provedení s původním typem operačního zesilovače je možné použít čtvrtý zesilovač integrovaného obvodu jako koncový výstupní zesilovač.

Náhrada použitého typu IO běžnými operačními zesilovači předpokládá úpra-



Obr. 62. Jednoduchý generátor funkcí s Nortonovým zesilovačem – generátor napětí trojúhelníkovitého a sinusového průběhu



vu hodnot součástí, a ani pak se nedá předpokládat, že se dosáhne zcela uspokojivé funkce zapojení.

Electronics Australia, srpen 1974

### Jednoduchý generátor funkcí

Tento generátor má v nízkofrekvenčním pásmu proti běžně používanému obvodu s Wienovým můstkem některé přednosti. Nevyžaduje obvod pro stabilizaci výstupního napětí, při přepínání rozsahů nedochází k projevům nestability a obvyčejným tandemovým potenciometrem se dá snadno dosáhnout změny kmitočtu v poměru 10 : 1.

Zapojení obvodu je na obr. 63. Integrátor s tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  a emitorový sledovač se Schmittovým klopným obvodem s tranzistory  $T_4$  a  $T_5$  produkují napětí trojúhelníkovitého průběhu na emitoru  $T_3$ . Tento výstup má konstantní amplitudu (v celém kmitočtovém pásmu), která je odvozena z pevně nastavených bodů překlápení. Trojúhelníkovitým napětím se napájí také druhý integrátor s tranzistory  $T_6$  a  $T_7$ , generující signál sinusového průběhu s konstantní amplitudou. Napětí pravoúhlého průběhu se odebrá z kolektorového obvodu tranzistoru  $T_5$ . V tomto zapojení lze snadno obsáhnout celé nízkofrekvenční pásmo přepínáním tří dvojic kondenzátorů. Napětí trojúhelníkovitého, sinusového a pravoúhlého průběhu je možné podle potřeby přepínat na společný výstupní emitorový sledovač, a podle předpokládaného použití lze také zapojení doplnit o obvod hrubého a jemného nastavení amplitudy.

Wireless World, leden 1980

### Generátor signálů složitých průběhů

Generátor signálů složitých průběhů, vznikajících modifikací základního signálu schodovitěho průběhu, je možné díky integrovaným obvodům realizovat po-

měrně jednoduchým zapojením. Základní kmitočet generátoru je možné měnit v širokých mezích, takže výsledný cyklus signálu je možné měnit mezi 16 sekundami až 60 minutami, počet „schodů“ je 10.

Schéma zapojení je na obr. 64. Generátor je sestaven ze tří integrovaných obvodů: časovacího obvodu 555, dekadického čítače 7490 a dekodéru BCD 74141. Obvod 555 se používá jako generátor signálu, který má v daném zapojení úroveň blízko nuly asi po dobu jedné třetiny trvání cyklu, po zbytek doby se jeho výstupní úroveň blíží napájecímu napětí. Doba trvání cyklu, a tím i kmitočet signálu určuje kapacita kondenzátoru  $C_1$  společně s odporem  $R_1$  a  $P_1$ . Přepínáním kondenzátoru  $C_1$  se přepínají kmitočtové rozsahy. Doba trvání cyklu je tedy dána vztahem

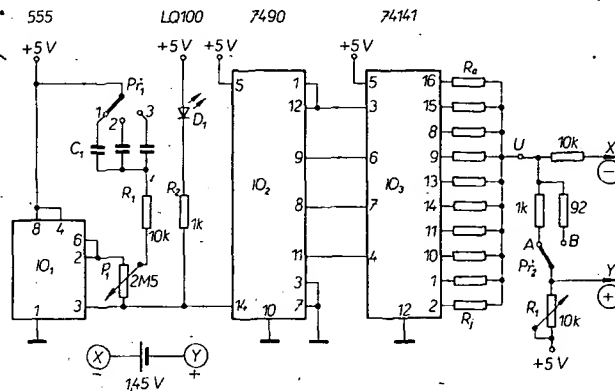
$$T = C_1 (P_1 + R_1).$$

Odpor  $P_1$  se mění od 0 do 2,5 M $\Omega$ , přičemž v obvodu je zapojen vždy určitý minimální odpor ( $R_1 = 10$  k $\Omega$ ). Například, je-li  $C_1 = 50$   $\mu$ F, odpor  $P_1 = 1,99$  M $\Omega$ , pak je  $P_1 + R_1 = 2,0$  M $\Omega$ , a doba trvání cyklu = 50,2 = 100 sekund. Při nastavení potenciometru na  $P_1 = 0$   $\Omega$  zůstává v obvodu zapojen odpor  $R_1 = 10$  k $\Omega$  a doba trvání cyklu bude 0,5 sekundy. Na tomto

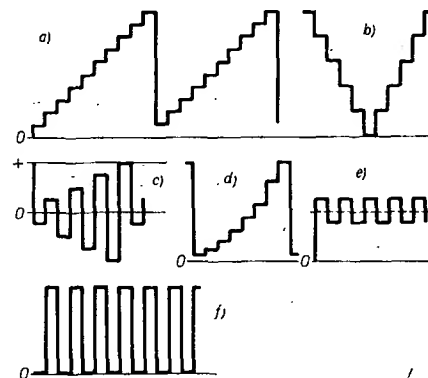
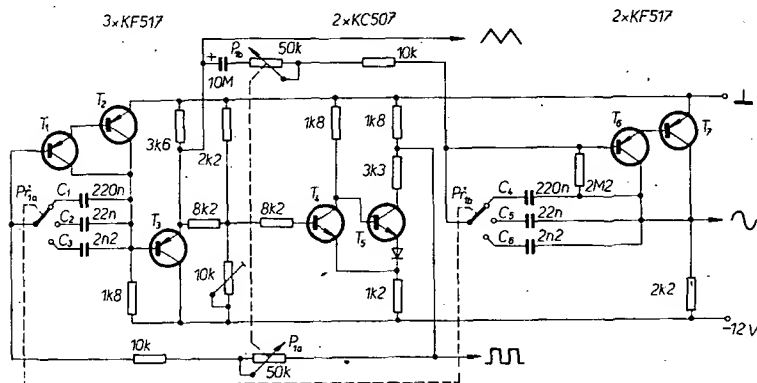
rozsahu se tedy doba trvání jednoho „schodu“ schodovitěho napětí mění mezi 1,61 s a 60 minutami, což pro deset schodů odpovídá 16 sekundám až 10 hodinám. V zapojení na obr. 64 je k výstupu obvodu 555 připojena dioda LED, která se používá pro optickou indikaci funkce přístroje. Výstupní signál časovacího obvodu se přivádí na vstup 14 čítače 7490, jehož výstupy se přivádějí na příslušné vstupy dekodéru 74141. Výstupy tohoto dekodéru jsou přes odpory  $R_a$  až  $R_i$  připojeny k výstupnímu zatěžovacímu odporu. Pro dosažení přesného průběhu výstupního napětí podle obr. 65a se doporučuje použít hodnoty uvedené ve schématu. Výstupní signál se odebrá v bodě  $U$  proti kostře. Na obr. 65c je uvedena varianta zapojení, ve které jsou odpory  $R_a$  až  $R_i$  nahrazeny odporovými trimry 100 k $\Omega$ , jejichž odpor je možné nastavovat podle potřeby. Zátěž je možné přepínat přepínačem  $P_2$ . K bodům označeným + a - je možné připojit referenční článek.

Na obr. 65 je znázorněno šest různých průběhů výstupního signálu. Těchto různých průběhů je možné dosáhnout vhodným nastavením odporů  $R_a$  až  $R_i$ . Průběh podle obr. 65b lze získat při úměrně se zvětšujících a zmenšujících odporech  $R_a$  až  $R_i$ . Průběh na obr. 65d je analogický průběhu na obr. 65, odpory se však zvětšují nelineárně. Je zřejmé, že popsané zapojení umožňuje získat celou řadu signálů podobných průběhů, které lze použít nejen pro zobrazení osciloskopu, ale i pro automatizaci a mechanizaci měření, zkoušek atd.

Popsaný generátor je vhodné napájet z jednoduchého stabilizátoru napětí, který lze použít i pro další experimenty s různými zapojeními TTL obvodů. Je možné využít i starší síťový transformátor

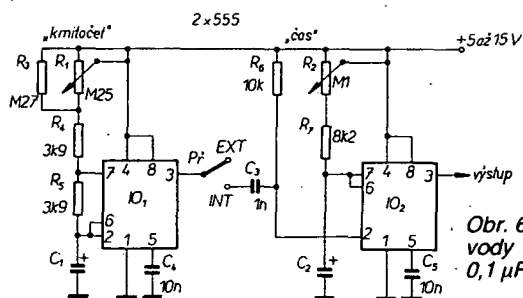


Obr. 64. Generátor signálů složitých průběhů ( $R_a - 89$  k $\Omega$ ,  $R_b - 42,2$  k $\Omega$ ,  $R_c - 27,1$  k $\Omega$ ,  $R_d - 19,7$  k $\Omega$ ,  $R_e - 15$  k $\Omega$ ,  $R_f - 12,5$  k $\Omega$ ,  $R_g - 10,4$  k $\Omega$ ,  $R_h - 8,8$  k $\Omega$ ,  $R_i - 7,6$  k $\Omega$ ,  $R_j - 6,2$  k $\Omega$ )



Obr. 65. Možné průběhy výstupního napětí generátoru





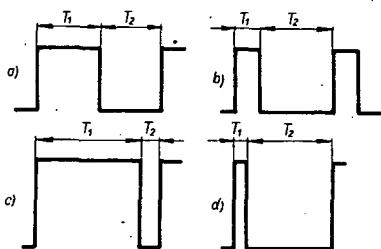
Obr. 66. Generátor impulsů s dvěma obvody typu 555 ( $C_1 - 100 \mu\text{F}$ ,  $10 \mu\text{F}$ ,  $1 \mu\text{F}$ ,  $0,1 \mu\text{F}$ ,  $10 \text{ nF}$ ,  $C_2 - 10 \text{ nF}$ ,  $0,1 \mu\text{F}$ ,  $1 \mu\text{F}$ ,  $10 \mu\text{F}$ ,  $100 \mu\text{F}$ )

pro žhavicí napětí 6,3 V a ke stabilizaci výstupního napětí použit integrovaný obvod typu MA7805.

Le Haut Parleur, nouvelle serie, č. 4

## Generátor impulsů se dvěma obvody 555

Schéma zapojení generátoru je na obr. 66. Obvod IO<sub>1</sub> je zapojen jako astabilní klopný obvod. Tento obvod dodává signály pravouhloho tvaru, které jsou symetrické.



Obr. 67. Průběhy výstupních impulsů

ké, viz obr. 67, průběh a) to jest  $T_1 = T_2 = T/2$ . V použitém zapojení odpovídá rozsah 1 při kapacitě  $C_1 = 100 \mu\text{F}$  kmitočtovému rozsahu 0,1 až 1 Hz, rozsah 2 je při kapacitě  $10 \mu\text{F}$  1 až 10 Hz, rozsah 3 je při kapacitě  $1 \mu\text{F}$  10 až 100 Hz, rozsah 4 je při kapacitě  $0,1 \mu\text{F}$  100 až 1000 Hz a rozsah 5 při kapacitě  $10 \text{ nF}$  obsahuje kmitočty 1000 až 10 000 Hz. Řídící signál se z výstupu obvodu IO<sub>1</sub> přivádí přes přepínač P<sub>1</sub> v poloze INT na obvod IO<sub>2</sub>, který je zapojen jako monostabilní klopný obvod. Když je přepínač přepnut do polohy EXT, je možné pro spouštění obvodu IO<sub>2</sub> použít vnější impulsní signál. Doba trvání vstupních impulsů závisí na časové konstantě  $C_2R_2$ , a je nastavitelná také v pěti rozsazích (jemně potenciometrem R<sub>9</sub>). Na rozsahu 1 je doba trvání impulsu 100  $\mu\text{s}$  až 1 ms a další rozsahy jsou: 1 ms až 10 ms, 10 ms až 100 ms, 100 ms až 1 s a 1 s až 100 s.

Pro výstupní impulsní signál tedy platí, že jeho opakovací kmitočet určuje nastavená kombinace  $R_1C_1$ , a doba trvání výstupních impulsů je určena nastavenou kombinací  $R_2C_2$ . Tvar výstupního signálu má obecně různé doby trvání  $T_1$  a  $T_2$ , viz průběh b) na obr. 67. Je-li například  $T_2 = 5T_1$ , pak je poměr  $T_1/T_2 = 1/5$ ,  $T_1/6T_2 = 1/6 = 16,66\%$ . U průběhu c) v obr. 67 je  $T_1 = 5T_2$  a tomu odpovídá impulsní poměr  $T_1/T_2 = 5T_2/T_2 = 5/6 = 83\%$ . V praxi se nejvíce používá průběh d) podle obr. 67, u kterého je doba trvání  $T_1$  proti  $T$  tak krátká, že se poměr  $T_1/T$  blíží k nule, protože  $T_2$  a  $T$  jsou téměř shodné. V tom případě se používá označení „kladné impulsy“; je-li  $T_2$  proti  $T$  malé (průběh c), poměr  $T_1/T$  se blíží k 1 a tyto impulsy se označují jako záporné.

Méně zkušené je třeba upozornit na to, že pochopitelně není možné volit kombi-

nace opakovacího kmitočtu a doby trvání impulsu zcela libovolně. Doba trvání impulsu musí být zvolena vždy kratší, než doba trvání cyklu pro zvolený kmitočet. Podle nastavení opakovacího kmitočtu a doby trvání impulsu se také může měnit charakter impulsu od kladného impulsu až po záporný.

Sestavení přístroje je velmi jednoduché. Pro napájení lze použít napětí v rozmezí 5 až 15 V.

Le Haut Parleur, nouvelle serie, č. 4

## Různě aplikovaná elektronika

### Přesné usměrňovače

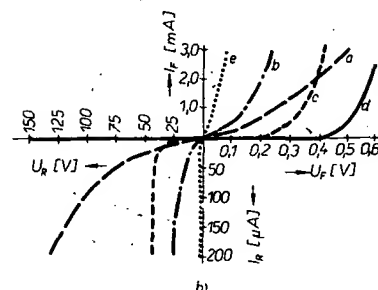
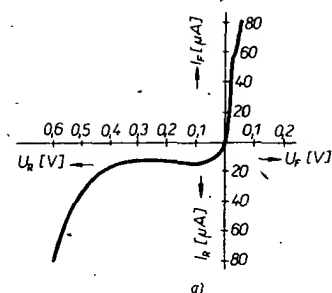
Jedním z prvních v praxi využitých nelineárních elektronických jevů bylo usměrňování, detekce signálů, a dosud se v moderním analogovém zpracování signálů často tato v principu jednoduchá funkce používá. Historicky vzato, prvním typem diody byla dioda elektronková v roce 1904, ale již v roce 1906 byl patentován galenitový hrotový detektor, který kraloval v období krystalek. Ve dvacátých letech následoval kuproxidový usměrňovač, ve třicátých letech pak selenové usměrňovače. Potom byla zavedena germaniová hrotová dioda a dále celá plejáda typů diod, vyvinutých průmyslem výroby polovodičů.

U diod, používaných v přesných usměrňovačích, jsou dva základní problémy – úbytek napětí v propustném směru a zbytkový proud ve zpětném směru – ideální dioda by měla mít oba tyto parametry nulové.

Na obr. 68 jsou zobrazeny charakteristiky v propustném i v závěrném směru pro několik základních typů diod, používaných pro usměrňování malých signálů. Pověšimné si různého měřítka napětí v propustném a závěrném směru.

Stručná charakteristika vlastností jednotlivých typů diod:

- germaniová hrotová dioda má poměrně malý úbytek napětí v propustném směru, má však špatné vlastnosti, pokud jde o proud ve zpětném, nepropustném, závěrném směru. Malá plocha přechodu umožňuje dosáhnout velkých rychlostí, tj. např. detekovat signály vysokých kmitočtů;
- kuproxidový usměrňovač byl používán v přístrojových usměrňovačích. Velmi špatná charakteristika v závěrném směru však přispěla kromě jiného k tomu, že tento typ usměrňovače z praxe téměř beze zbytku vymizel;
- malý úbytek napětí v propustném směru i při velkých proudech a extrémní rychlost vede k rostoucí popularitě Schottkyho diod jako výkonných usměrňovačů. Přes značné zlep-



Obr. 68. Charakteristiky vybraných typů usměrňovačů

- šení charakteristik ve zpětném směru v důsledku technologických zlepšení jsou však tyto typy diod pro zpracování malých signálů dosud nevhodné;
- křemíkové planární diody mohou mít extrémně malé proudy v závěrném směru, mají však největší úbytek napětí v propustném směru ze všech uvažovaných typů diod;
- „inverzní“ dioda (backward) je vlastně poněkud méně dotovanou verzí tunelové diody – druhem Zenerovy diody s nulovým Zenerovým napětím. Při „inverzní“ polarizaci tento typ diody tedy vede díky tzv. tunelovému jevu při téměř nulovém úbytku napětí v propustném směru. Při přední polarizaci se dioda backward chová jako křemíková dioda s dosti velkým svodem do napětí asi 0,5 V. Proto je možné diody tohoto typu používat jen pro velmi malá napětí, a to v zapojení, které je inverzní vzhledem k běžnému zapojení – proto název „inverzní“ dioda. Dokonce i při napětí menším než 0,5 V má dioda dosti velký zpětný proud (viz obr. 68a).

### Přesné usměrňovače v praxi

Pro usměrňování signálů v rozsahu 0 až 100 mV je jediným typem přímo použitelné diody jen inverzní dioda, avšak špatná charakteristika v nepropustném směru a další omezení umožňuje používat tento typ diody jen ve speciálních aplikacích.

Moderní výrobní technologie dnes umožňuje vyrábět diody se zpětným proudem až 1 pA při 25° C, pro některé aplikace však zůstává problémem úbytek napětí na diodě v propustném směru. Při malých proudech je tento napěťový úbytek přibližně dán vztahem:

$$U_f = \frac{2kT}{q} \ln \frac{I_f}{I_s}$$

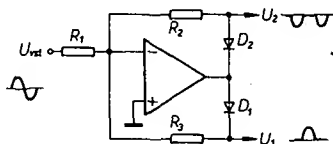
kde  $U_f$  je úbytek napětí v propustném směru,  
 $I_f$  proud v propustném směru,  
 $I_s$  teoretický zpětný saturační proud,  
 $k$  Boltzmanova konstanta ( $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ ),  
 $q$  náboj elektronu ( $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ),  
 $T$  absolutní teplota.

Tento napěťový úbytek je asi 0,6 V při proudu v propustném směru 1 mA, a při  $T = 500 \text{ K}$ . Pro silnou teplotní závislost ( $I_s$  je také funkcí teploty) a protože se úbytek napětí na diodě mění s proudem v propustném směru, je kompenzace  $U_i$  velmi obtížná – proto se v současné době výrazně prosazuje tendence používat v přesných usměrňovačích operační zesilovače.

Je možné použít dvě základní zapojení – s paralelní a sériovou zpětnou vazbou. Zapojením diody do obvodu sériové zpětné vazby lze dosáhnout usměrňovací funkce, při které je výstupní napětí rovno kladné nebo záporné vstupní půlvlně (jednoduchý usměrňovač), nebo absolutní hodnotě (dvoucestný usměrňovač). Zapojení se sériovou zpětnou vazbou umožňuje realizovat obvody, které se s určitým omezením blíží modelu ideální diody.

#### Základní paralelní usměrňovače

Na obr. 69 je základní zapojení usměrňovače s paralelní zpětnou vazbou. Kladné napětí na vstupu operačního zesilovače vyvolá na výstupu záporné napětí, přičemž je dioda  $D_1$  uzavřena a  $D_2$  vede.



Obr. 69. Základní zapojení přesného usměrňovače s paralelní zpětnou vazbou

Obvod se ustálí ve stavu, kdy je vstupní a zpětnovazební proud stejný. Za předpokladu ideálního operačního zesilovače bude tedy napětí  $U_2$

$$U_2 = -U_{in} \frac{R_2}{R_1}$$

Z tohoto vztahu je zřejmé, že úbytek napětí na diodě v propustném směru se v rovnici neuplatňuje, kromě toho, že fakticky omezuje možný rozsah výstupního napětí operačního zesilovače.

Při záporném vstupním napětí je výstupní napětí zesilovače kladné, dioda  $D_2$  přestává vést;  $D_1$  a  $R_3$  udržují napětí na invertujícím vstupu na potenciálu virtuální země, takže napětí  $U_2$  bude nulové. Tím je výstupní napětí  $U_2$  ideálně usměrněno (výstupní napětí získáme jen pro kladná vstupní napětí). Je zřejmé, že výstupní napětí  $U_1$  bude přítomno jen při záporných vstupních napětích. To ovšem platí jen pro zátěže, vztažené k zemi, v řadě aplikací bude třeba použít oddělovací zesilovač. Vstupní impedance je konstantní a rovná se odporu  $R_1$ .

V praxi má ovšem operační zesilovač konečné zesílení, a lze odvodit, že úbytek napětí na diodě v propustném směru způsobuje chybu, která je rovna okamžité hodnotě úbytku napětí na diodě, dělené činitelem zpětné vazby. Například, u křemíkových diod je úbytek napětí kolem 0,6 V, při zesílení operačního zesilovače 100 000 a zapojení s jednotkovým zesílením ( $R_1 = R_2$ ) bude způsobena chyba

$$\frac{0,6 \text{ V} \times 2}{100\,000} = 12 \mu\text{V}.$$

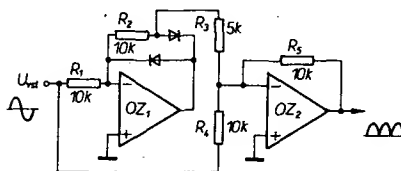
Tato chyba je dostatečně menší než chyba, kterou mohou způsobit ostatní zdroje chyb.

Proud diody v závěrném směru způsobí chybový proud do invertujícího vstupu, ovšem u vhodných diod jsou zpětné proudy menší, než jsou vstupní proudy běžných operačních zesilovačů.

#### Dvoucestné usměrňovače

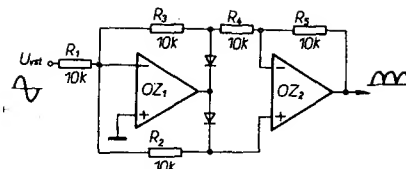
Bylo by samozřejmě možné diferenciálně zesílit výstupy v obr. 69 a získat tak „ideální“ dvoucestný usměrňovač. Bohužel však jednoduchá diferenciální zapojení operačního zesilovače jsou k tomuto účelu nevyhovující, protože napětí na neinvertujícím vstupu by narušilo usměrňování, a bylo by proto nutné použít pravý přístrojový zesilovač. To však vede k nákladnému zapojení a proto bylo vyvinuto několik jednodušších zapojení.

Na obr. 70 je zapojení, používající vlastní fázové inverze pro dosažení diferenciální funkce. Zesilovač  $OZ_1$  tvoří jednoduchý usměrňovač, v tomto případě s negativním výstupem.  $OZ_2$  je součtový zesilovač, sečítá výstupní napětí usměrňovače s půlvlnami vstupního napětí v závislosti na poměru  $R_3$  a  $R_4$ .



Obr. 70. Zapojení usměrňovače s vlastní fázovou inverzí

Pro negativní vstupní napětí je výstupní napětí usměrňovače nulové a  $OZ_2$  spolu s  $R_4$  a  $R_5$  tvoří invertující zesilovač se zesílením 1, jehož výstupní napětí je kladné. Při kladném vstupním napětí je výstupní napětí usměrňovače dvojnásobkem vstupního napětí, ale opačné polarity, takže výstupní napětí součtového zesilovače je také kladné (negativního výstupního napětí je možné dosáhnout obrácením diod). Jednou z předností tohoto obvodu je možnost řídit zesílení od nuly vhodnou volbou odporu  $R_5$  (na obr. 70 je verze s jednotkovým zesílením), a invertující vstup zesilovače  $OZ_2$  se přitom může používat jako společný součtový bod. Je také možné dosáhnout nelineárního zesílení, nebo různé filtrace vhodnou volbou součástek v obvodu zpětné vazby  $OZ_2$ . Chyba symetrie závisí na přizpůsobení  $R_1$ ,  $R_2$  a  $R_3$ ,  $R_4$ , přičemž druhý pár odporů nemá stejné hodnoty. Hlavní nevýhodou však je napěťová nesymetrie, která jak bude dále ukázáno, může být až sedmkrát větší, než je napěťová nesymetrie jednotlivých zesilovačů. Vstupní odpor zapojení



Obr. 71. Zlepšené zapojení z obr. 69

se rovná  $\frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4}$  a je konstantní.

Obvod podle obr. 71 má lepší vlastnosti, pokud jde o napěťovou nesymetrii. Je to v podstatě diferenciální zesilovač, zapojený za obvodem podle obr. 69 tak, aby se nenarušila funkce zesilovače  $OZ_2$ . Pro dosažení symetrie je však nutné vybrat odpory  $R_2$  až  $R_5$ , což je hlavní nevýhodou tohoto řešení. Napěťová nesymetrie je maximálně dvojnásobkem napěťové nesymetrie jednotlivých zesilovačů. Celkové zesílení je možné měnit nastavením odporu  $R_1$  (zesílení je jednotkové pro  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5$ ) a vstupní odpor je roven odporu  $R_1$ .

Výhodou zapojení podle obr. 72 je to, že symetrie závisí pouze na výběru dvou odporů  $R_3$  a  $R_4$ . Pro kladné vstupní napětí je na výstupu  $OZ_1$  záporný signál, a dioda  $D_2$  je polarizována obráceně. Odpor  $R_2$  přivádí vstupní signál přímo na  $OZ_2$ , který má zesílení  $\frac{R_1 + R_4}{R_4}$ . Při záporném vstupním

napětí dioda  $D_2$  vede a způsobí, že  $OZ_1$  pracuje jako invertující zesilovač s  $OZ_2$  ve zpětnovazebním obvodu. Celkové zesílení v tomto případě je  $\frac{R_1 + R_4}{R_3}$ .

Celkové zesílení (od jedné) je tedy možné řídit nastavením odporu  $R_1$ . Vstupní odpor zapojení je roven odporu  $R_3$ . Toto zapojení může být někdy nestabilní vzhledem k zahrnutí  $OZ_2$  do zpětnovazebního obvodu  $OZ_1$ . V tomto případě je třeba paralelně k diodě  $D_1$  připojit kondenzátor malé kapacity (až 200 pF).

Jednodušší verze tohoto zapojení je uvedena na obr. 73, její možnosti použití však mají výrazná omezení. Pro záporná vstupní napětí pracuje  $OZ_1$  jako invertující zesilovač s jednotkovým zesílením, při kladných vstupních napětích  $D_1$  odpojuje výstup  $OZ_1$ , a vstupní napětí se přivádí na výstup přímo přes  $R_1$  a  $R_2$ . Výstupní impedance je pro záporná vstupní napětí malá, pro kladná vstupní napětí se rovná  $R_1 + R_2 + R_3$ . Při  $R_2 = \infty$ ,  $R_3 = 0$  a  $R_1 = R_2$  bude tedy zesílení jednotkové. Při konečných a známých impedancích vstupní a výstupní je možné dosáhnout symetrie nastavením určitého poměru  $R_1$  k  $R_2$ , ovšem pouze na úkor zesílení. V tabulce jsou shrnuty výhody a nevýhody jednotlivých popsaných dvoucestných usměrňovačů.

Zapojení	obr. 70	obr. 71	obr. 72	obr. 73
Symetrie	vyžaduje dobře vybrané odpory	vyžaduje vybrané odpory	vyžaduje pouze dva vybrané odpory	závisí na impedanci zdroje (zátěže)
Zesílení	nastavitelné (0) jediným odporem	nastavitelné (0) jediným odporem	nastavitelné (1) jediným odporem	menší než jedna, nelze snadno nastavit
Napěťová nesymetrie	špatná	dobrá	dobrá	dobrá
Vstupní odpor	konstantní	konstantní	konstantní	asymetrický
Výstupní odpor	velmi malý	velmi malý	velmi malý	asymetrický
Počet OZ	2	2	2	1
Univerzálnost	vynikající	dostí dobrá	dostí dobrá	špatná
Rychlost	dobrá	dostí dobrá	špatná	špatná

## Sériová zpětná vazba

Obr. 74 ukazuje základní sériové zapojení „ideální“ diody. Pro kladná vstupní napětí dioda  $D_1$  vede a operační zesilovač pracuje jako napěťový sledovač. Při záporném vstupním napětí přechází operační zesilovač do záporné saturace,  $D_1$  nepropouští proud do zátěže. Sériové zapojení je výhodné v případech, kdy je třeba jednocestný usměrňovač s jednotkovým zesílením; má velmi velkou vstupní impedanci, což u paralelního zapojení neplatí. Zvlášť výhodné je využívat sériového zapojení jako špičkového detektoru, přičemž zátěž tvoří kondenzátor. K němu se často zapojuje paralelně velký odpor, zajišťující pomalé vybíjení kondenzátoru (jako v nízkofrekvenčních měřicích úrovně) nebo tranzistor FET s malým zbytkovým proudem, používaný jako nulovací spínač. Doba náběhu je v typickém případě omezena výstupním proudem operačního zesilovače: pro nabití kondenzátoru  $10\ \mu\text{F}$  na  $10\ \text{V}$  za jednu milisekundu je třeba proud  $10\ \text{mA}$ . Zapojí-li se na výstup operačního zesilovače tranzistor, je možné dosáhnout většího proudu, může se však uplatnit zbytkový proud diody při větším proudovém zatížení. Také vliv saturace operačního zesilovače může zpomalit odezvu.

Zapojení, které odstraňuje oba tyto nedostatky, je na obr. 75. Výstupní zesilovač  $OZ_2$  přes odpor  $R_1$  udržuje potenciál na diodě  $D_3$  na téměř nulové úrovni, a tím se téměř vylučuje vliv zbytkového proudu. Kromě toho zahrnutí  $OZ_2$  do zpětnovazební smyčky umožňuje použít  $D_1$  k prevenci saturace operačního zesilovače  $OZ_1$ .

## Plovoucí zátěž

Jako plovoucí zátěž se obvykle používá ručkové měřidlo. Příkladem může být jednoduchý nízkofrekvenční milivoltmetr s dvoucestným usměrněním podle obr. 76. Paralelní zapojení měřidla a příslušného usměrňovacího můstku zajišťuje, že proud měřidla je vždy

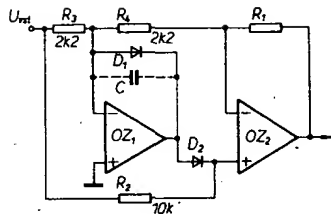
$$I = \frac{U_{\text{vst}}}{R_{\text{vst}}}$$

Dva usměrňovače v sériovém zapojení je možné použít pro měření mezivrcholové hodnoty napětí (obr. 77). Použitým hodnotám součástí odpovídá rychlost poklesu  $9\ \text{dB/s}$  a citlivost na plnou výchylku je  $1\ \text{V}$  (mezivrcholové napětí). Náběhová rychlost je kolem  $150\ \text{mV/s}$  při výstupním proudu zesilovačů  $OZ_1$  a  $OZ_2$   $15\ \text{mA}$ .

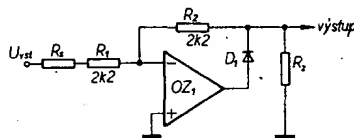
## Výběr součástek

Nepřesnosti zesílení a jeho symetrie závisí téměř výlučně na výběru a tolerancích odporů. Je výhodné použít přesné odpory s kovovou vrstvou. Při výběru diod nezbude než vybírat z typů, které jsou k dispozici, na nejmenší proud ve zpětném směru. V případech, kdy je kladen důraz na velkou rychlost, je možné obrátit pozornost na Schottkyho diody nebo hrotové diody, přičemž proud ve zpětném směru bude nezbytně větší. Proud ve zpětném směru má obecně větší vliv v sériových zapojeních, než u paralelních usměrňovačů, je však třeba si uvědomit, že zbytkový proud  $10\ \text{nA}$  na odporu  $10\ \text{k}\Omega$  způsobí přidavnou napěťovou nesymetrii  $100\ \mu\text{V}$ , což je více, než se udává pro většinu přesných operačních zesilovačů.

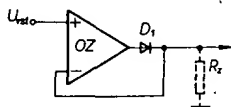
Při výběru operačních zesilovačů jsou nejdůležitějšími parametry napěťová nesymetrie a vstupní proud. Při vysokých nárocích na přesnost usměrňovače je nejlépe použít speciální operační zesilovače, jichž se vyrábí řada typů s malou napěťovou nesymetrií (až do  $25\ \mu\text{V}$ ) s ma-



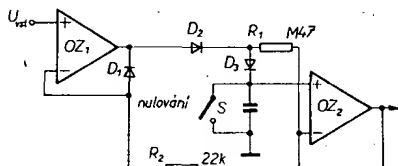
Obr. 72. Přesný usměrňovač, jehož symetrie závisí pouze na odporech  $R_3$  a  $R_4$



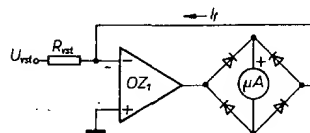
Obr. 73. Jednodušší verze zapojení z obr. 73



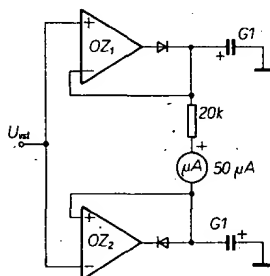
Obr. 74. Základní zapojení sériového usměrňovače



Obr. 75. Zlepšení zapojení z obr. 74



Obr. 76. Jednoduchý nf milivoltmetr s dvoucestným usměrněním



Obr. 77. Zapojení k měření mezivrcholové hodnoty střídavého napětí

lími vstupními proudy až do  $1\ \text{nA}$ . Pokud to není možné, nezbyvá než volit kompromis a vybrat zesilovače s nulovacími obvody.

Složitá situace také vzniká při rozhodování o výběru součástek s ohledem na jejich dynamické vlastnosti. Je známo, že např. přesné operační zesilovače jsou pomalejší, než zesilovače pro univerzální použití (zesilovače typu 725 mají rychlost pouze  $30\ \text{mV}/\mu\text{s}$  při jednotkovém zesílení). Byly proto porovnány výsledky dosažené se zapojením podle obr. 69 jednak při důrazu na přesnost, jednak při výběru součástek s ohledem na dosažení maxi-

mální rychlosti. V prvním případě bylo dosaženo při mezivrcholovém sinusovém vstupním signálu  $400\ \text{mV}$  dobrého tvaru výstupního napětí bez zkreslení do  $300\ \text{Hz}$ . Verze zapojení pro velkou rychlost pracovala do  $6\ \text{kHz}$  (při použití Schottkyho diod do  $12\ \text{kHz}$ ). V amatérské praxi je však možnost výběru součástek omezena, takže volba kompromisu je jednodušší.

Electronic Engineering, červen 1980

## Fotoelektrické řízení digitálních měřiců času

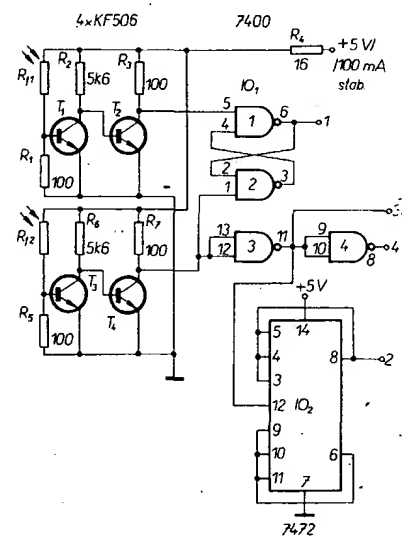
Funkce většiny digitálních měřiců kmitočtu je kombinována s funkcí měřiců času. Pro plné využití této funkce je však třeba mít možnost ovládat měření času podle požadované funkce a aplikace. Popsané zařízení (schéma viz obr. 78) pro fotoelektrické řízení plní tyto funkce:

1. Start digitálního měřice času při osvětlení fotoodporu  $R_{12}$ . Stop při skončení osvětlení fotoodporu  $R_{12}$  (výstup 3).
2. Start digitálního měřice času na konci osvětlení fotoodporu  $R_{12}$ . Stop při začátku osvětlení fotoodporu  $R_{12}$  (výstup 4).
3. Start digitálního měřice času při prvním zatemňovacím impulsu na fotoodporu  $R_{12}$  (další následující zatemňovací nebo jasové impulsy nemají na funkci „start“ žádný vliv). Stop při prvním zatemňovacím impulsu na fotoodporu  $R_{11}$  nemají žádný vliv na funkci „stop“.

- Opakování „startu“ při dalším zatemňovacím impulsu na fotoodporu  $R_{12}$  (výstup 1).
4. Start při prvním jasovém impulsu na fotoodporu  $R_{12}$ . Stop při druhém jasovém impulsu na fotoodporu  $R_{12}$  (výstup 2).

Všechny výstupy obvodu fotoelektrického řízení jsou dimenzovány tak, aby bylo možné používat pro přímé řízení integrovaných obvodů TTL.

Ulohou řídicích částí obvodu s fotoodporem  $R_{11}$ , tranzistory  $T_1$ ,  $T_2$  a odporu  $R_{12}$  s tranzistory  $T_3$  a  $T_4$  je dodávat ze svých výstupů ovládací impulsy pro buzení bistabilního klopného obvodu, sestaveného z hradel integrovaného obvodu  $10_1$ , a pro kmitočtový dělič s obvodem  $10_2$ .



Obr. 78. Fotoelektrické řízení digitálních měřiců času

Odpory  $R_1$  a  $R_5$  přizpůsobují fotoodpory vstupu řídicích částí tak, že jsou-li fotoodpory osvětleny, jsou tranzistory  $T_1$  a  $T_3$  otevřeny, zatímco tranzistory  $T_2$  a  $T_4$  jsou uzavřeny. Když jsou fotoodpory zatemněny, vzniká situace opačná.

Na výstupu řídicích částí je možné odebrat impulsy o úrovni  $H$  (4 V) a  $L$  (0,6 V). Strmost hran impulsů je dostatečná pro přímé ovládání hradel integrovaného obvodu  $IO_1$ , nestačí však pro ovládání integrovaného obvodu  $IO_2$ . Hradlo  $H_4$  obvodu  $IO_1$  se používá jako tvarovač impulsů.

Stejnoseměrná vazba tranzistorů  $T_1$  a  $T_2$  (případně  $T_3$  a  $T_4$ ) zajišťuje velké celkové zesílení, takže stačí použít tranzistory se stejnoseměrným zesilovacím činitelem 60 až 80. Při větších zesilovacích činitelích vzniká nebezpečí sklonu k oscilacím. Pro obě řídicí části je třeba počítat se spotřebou max. 70 mA.

#### Realizace funkce 1

Pro realizaci funkce 1 se mezi řídicí část a digitální měřič času zařazuje hradlo 4 integrovaného obvodu  $IO_1$ . Toto hradlo neguje výstupní signál z kolektoru  $T_4$ , který současně tvaruje, a pracuje také jako oddělovací stupeň mezi řídicí částí a digitálním měřičem času. Na výstupech hradla 4 obvodu  $IO_1$  jsou pro řízení digitálního měřiče času k dispozici impulsy o úrovních  $H$  – 2,8 V a  $L$  – 80 mV se strmými hranami.

#### Realizace funkce 2

Funkce 2 se dosahuje invertováním impulsů na výstupu hradla 4 obvodu  $IO_1$  hradlem 3. Úroveň napětí na výstupu hradla 3 obvodu  $IO_1$  jsou 3 V a 40 mV.

#### Realizace funkce 3

K dosažení funkce „start – stop“ s fotoodpory  $R_{11}$  a  $R_{12}$  je třeba použít bistabilní klopný obvod. K tomu se využívá hradel 1 a 2 obvodu  $IO_1$ . První zatemňovací impuls na fotoodporu  $R_{12}$  překlápí obvod do jednoho ze stabilních stavů. Na výstupu hradla 2 obvodu  $IO_1$  je k dispozici signál  $L$  o amplitudě 40 mV pro start digitálního měřiče času. Další následující zatemňovací ani jasové impulsy na fotoodporu  $R_{12}$  nemají na změnu stavu bistabilního klopného obvodu žádný vliv.

Teprve při následujícím zatemňovacím impulsu na fotoodporu  $R_{11}$  se bistabilní klopný obvod překlápí do druhé stabilní polohy. Na výstupu hradla 2 obvodu  $IO_1$  je tak k dispozici signál  $H$  o úrovni 2,6 V, který způsobí zastavení digitálního měřiče času. Ani zde nemohou mít další následující impulsy osvětlení nebo zatemnění na fotoodporu  $R_{11}$  žádný vliv na změnu stavu klopného obvodu a tím na funkci „start – stop“. Nový start digitálního měřiče času musí začít opět impulsem z fotoodporu  $R_{12}$ .

#### Realizace funkce 4

Pro funkci 4 přejímá řízení funkce „start – stop“ digitálního měřiče času

jeden fotoodpor. Při začátku prvního jasového impulsu na fotoodporu  $R_{12}$  se odstartuje digitální měřič času, při začátku druhého jasového impulsu na fotoodporu  $R_{12}$  se měřič času zastavuje. K dosažení této funkce je třeba použít dělič kmitočtu 2:1, realizovaný integrovaným obvodem  $IO_2$ . Potřebné řídicí impulsy se odeírají z výstupu hradla 4 obvodu  $IO_1$ , protože impulsy na výstupu tranzistoru  $T_4$  nemají potřebnou strmost. Použitý klopný obvod J-K umožnil dosáhnout větší spolehlivosti přepínání, než sice levnější, ale méně spolehlivé zapojení s obvodem typu 7400. Na výstupu obvodu  $IO_2$  má signál  $L$  pro start digitálního měřiče času úroveň 70 mV, signál  $H$ , který měření zastavuje, má úroveň 2,7 V.

Pro napájení zařízení byl použit jednoduchý stabilizovaný napájecí zdroj napětí 5 V, který je možné sestavit z běžných součástek.

Funkamateur č. 11/1979

### Akustické spínače

Akusticky ovládané spínače je možné použít v řadě oblastí od fotografie až po zapínání magnetofonu, lze jimi kontrolovat hluk v dětském pokoji, použít je ke zhotovení zabezpečovacího zařízení atd. Všechna zařízení tohoto typu běžně používají vstupní elektroakustický měnič, střídavý zesilovač, detektor, stejnosměrný koncový zesilovač a spínací prvek. V podrobném návrhu se však vyskytují určité odlišnosti, které umožňují lepší přizpůsobení nebo předpokládané použití.

Zapojení na obr. 79 používá pět tranzistorů. Tranzistor  $T_1$  je zapojen jako předzesilovač se společným emitorem. Signál z piezoelektrického mikrofonu se přivádí přes  $C_1$  na bázi  $T_1$ , jehož pracovní bod určují odpory  $R_1$  a  $R_2$ . V emitrovém obvodu se proměnnou zápornou zpětnou vazbou nastavuje úroveň zesílení. Po zesílení v obvodu  $T_2$  se signál přivádí na detektor se dvěma diodami  $D_1$  a  $D_2$ . Kladná stejnosměrná složka pak ovládá Schmittův klopný obvod, sestavený z  $T_3$  a  $T_4$ . V nepřítomnosti signálu je  $T_3$  uzavřen. Tranzistor  $T_4$  přitom vede, protože napětí na jeho bázi je kladné. Tranzistor  $T_5$  je tedy blokován. Akustický signál zachycený mikrofonem vyvolá změnu stavu  $T_3$  (přechází do vodivého stavu). Tranzistor  $T_4$  se uzavírá, na bázi  $T_5$  je kladné napětí – rozsvítí se žárovka, případně sepne relé. Dioda  $D_3$  zapojená v sérii se žárovkou omezuje proud tranzistorem  $T_3$  a přispívá ke stabilitě klopného obvodu. Místo žárovky je možné podle předpokládané aplikace zapojit relé o odporu vinutí 100 až 200  $\Omega$  pro napětí 9 V.

Zapojení na obr. 80 je poněkud odlišné. Jako elektroakustický měnič se používá reproduktor o impedanci 16  $\Omega$  (nebo větší). Odpor  $R_1$  zabraňuje nadměrnému za-

tlumení reproduktoru. Zapojení se od obr. 79 liší v zásadě tím, že se v koncovém stupni nepoužívá klopný obvod, je však počítáno se zavedením nastavitelné časové konstanty pomocí  $R_6$  a  $C_5$  v kolektorovém obvodu  $T_3$ . Toho lze využít podle charakteru aplikace k potlačení spínání při velmi krátkých akustických signálech. Koncový stejnosměrný zesilovač pracuje s komplementárními tranzistory a může pomocí relé spínat požadovanou zátěž.

Prvky použité v obou zapojeních je možné kombinovat podle požadovaného a předpokládaného použití.

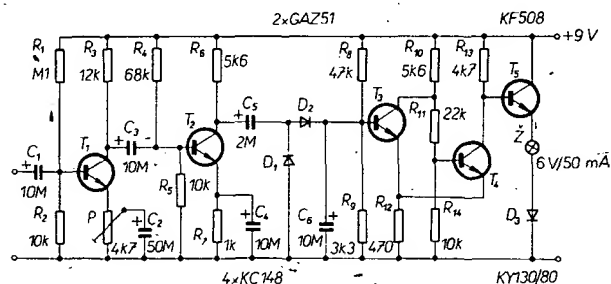
Le Haut Parleur č. 1412, Le Haut Parleur č. 1471

### Ovládání diaprojektoru magnetofonem

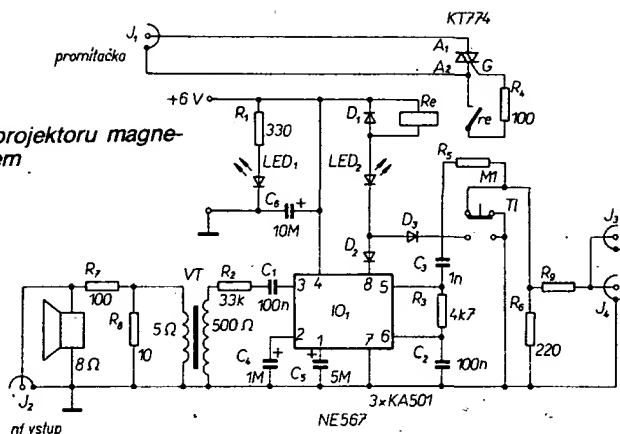
Běžně užívané systémy audiovizuálních programů používají jednu stopu magnetofonu pro záznam komentáře nebo hudebního doprovodu a druhou stopu pro záznam signálu, který řídí výměnu diazitivů. Popisované zařízení používá naproti tomu společný záznam na jednu stopu, je tedy možné využít i jednostopých magnetofonů. Přístroj má vestavěný reproduktor, přispívající ke zlepšení reprodukce při použití malých kazetových magnetofonů. Napájení přístroje je bateriové.

Zapojení přístroje podle obr. 81 používá integrovaný obvod  $IO$ , typu 567, určený pro dekodéry s fázovým závěsem (PLL). Tento obvod obsahuje řídicí oscilátor, obvod fázového závěsu a koncový stupeň pro spínání stejnosměrného proudu do 100 mA. Pro ovládání integrovaného obvodu 567 se běžně používá externí oscilátor, který pro správnou funkci  $IO$  musí mít kmitočet dostatečně blízký kmitočtu dekodéru. U obvodu 567 je však možné použít přímo vnitřní signál obvodu. Na vývodu 5 a přivést tento signál na mikrofonní vstup magnetofonu; ten je pak zaznamenán na stejné stopě, jako doprovodné slovo. Kmitočet signálu na vývodu 5, určený kombinací  $R_3$ ,  $C_2$ , přesně odpovídá kmitočtu, potřebnému pro ovládání fázové smyčky. Při stisknutí tlačítka se tón z vývodu 5 přivádí na živý mikrofonní přívod ( $J3$  a  $J4$ ) přes  $C_2$  a přizpůsobovací člen  $R_5$ ,  $R_6$  a  $R_9$ . Tento tlačítkový prepínač také spíná jazýčkové relé  $Re$  přes LED a  $D_3$ . Sepnutím kontaktů jazýčkového relé se získá proud pro řídicí elektrodu triaku, který spíná krokovací mechanismus diaprojektoru, ovládaný ve většině přístrojů střídavým proudem.

Pro záznam programu není připojení projektoru nutné. Záznam tónu o 10 dB nižší, než je úroveň doprovodného slova, je indikován rozsvícením diody LED. Při reprodukci se nízkofrekvenční signál magnetofonu odeírá z konektoru pro vnější reproduktor a přivádí se přes ko-



Obr. 81. Ovládání diaprojektoru magnetofonem



nektor  $J_2$  na vestavěný reproduktor popsaného přístroje a transformátor VT (miniaturní výstupní transformátor). Odporový dělič  $R_7$  a  $R_8$  zeslabuje nízkofrekvenční signál na úroveň, kterou může IO<sub>1</sub> zpracovat. Budicí signál fázové smyčky se odebrá ze sekundárního vinutí VT přes  $R_2$  a  $C_1$ . Když se na vstup 3 přivede tónový signál, který byl z vývodu 5 zaznamenan na magnetofonový pásek, vývod 8 se uzemní a proud prochází cívku Re jazýčkového relé, svítivou diodou LED<sub>2</sub> a diodou D<sub>2</sub>. Obvod 567 je v nevodivém stavu, pokud na vstupu 3 není trvalý signál o správném kmitočtu, takže hovorový ani hudební signál nezpůsobí „krokování“ projektoru k dalšímu diapozitivu.

Spotřeba přístroje pro synchronizaci diaprojektoru je při +6 V kolem 25 mA (klidový proud), při stisknutí tlačítka TI se proud zvětší na 47 mA. Proto bylo použito bateriové napájení čtyřmi tužkovými bateriemi.

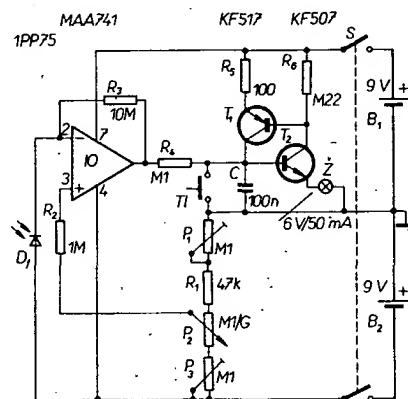
Popular Electronics, listopad 1976

## Jednoduchý světelný komparátor

Přístroj je konstruován jako jednoduchá pomůcka pro zvětšování v amatérské fotografii v rozsahu expozičních časů 1:32, to je pět stupňů clonových čísel. Využívá běžných součástek. Není, jako některé nákladné a složité expoziometry, cejchován v absolutních hodnotách osvětlení, protože pro praktickou amatérskou potřebu to ani není nutné. Je dostatečně citlivý, aby s ním bylo možné registrovat i slabé osvětlení u hustých negativů.

Při běžném používání tohoto přístroje se provádí „kalibrace“ v průměrné hodnotě expozice za dané clony a průměrných podmínek, to jest průměrného zvětšení s negativy o průměrné hustotě a kontrastu. Malé rozměry fotočlánku sondy umožňují určit kontrast libovolného negativu. Fotograf se pak může rozhodnout, jsou-li pro jeho záměr důležitější tmavé, nebo světlé partie snímku, popř. jejich průměrná hodnota. Při vhodné „standardní“ cloně a vhodném stupni zvětšení je možné porovnávat hustoty negativů. Změny zvětšení je pak možné respektovat jednoduchým výpočtem, jak většina fotografických amatérů dobře ví. Malá spotřeba přístroje umožňuje použít destičkovou baterii 9 V, která má v přístroji dobu života odpovídající době skladovatelnosti.

Schéma zapojení přístroje je na obr. 82. Pro malé vstupní napětí použité fotodiody je nutné dosáhnout velkého zesílení vstupního signálu. Proto se používá operační zesilovač typu MAA741. K dosažení poměrně lineární stupnice se používá jako  $P_2$  potenciometr s logaritmickým průběhem, zapojený obráceně, to jest s velkým odporem na začátku. Proměnné



Obr. 82. Jednoduchý světelný komparátor

odpory  $P_1$  a  $P_3$  se nastavují tak, aby se získala jak optimální linearita, tak i vhodný rozsah měření. Transistory  $T_1$  a  $T_2$  s odpory  $R_5$  a  $R_6$  tvoří klopný obvod, který při napětí asi 150 mV na bázi  $T_2$  rozsvítí žárovku  $Z$ . Používá se žárovka 6 V/50 mA, která je podžhavana, aby se zmenšil odběr z baterie. Při běžném provozu žárovka svítí jen velmi krátkou dobu.

Konstrukce přístroje není náročná. Potenciometr  $P_2$  je třeba opatřit dostatečně velkou stupnicí, která se při kalibraci ocechuje. Fotodiody je umístěna na vhodném držadle, aby ji bylo možno používat jako dostatečně robustní sondu.

Pro dobré výsledky je třeba věnovat pozornost kalibraci přístroje. Přístroj se kalibruje v temné komoře. Na objektivu zvětšovacího přístroje se nastaví maximální clona, zapne se žárovka zvětšovacího přístroje, ostatní světla jsou zhasnuta. Odporové trimry se nastaví do střední polohy, potenciometr  $P_2$  (se stupnicí) na doraz ve směru otáčení hodinových ručiček. Přístroj se zapne spínačem S, rozsvítí se žárovka. Po stisknutí nulovacího tlačítka TI má žárovka zhasnout. Pokud se tak nestane, zmenšujeme úroveň osvětlení fotodiody v sondě zvedáním hlavy zvětšovacího přístroje, dokud žárovka nezhasne. Při mírném pootočení potenciometrem proti směru hodinových ručiček by se

při pečlivém nastavení výšky hlavy zvětšovacího přístroje měla žárovka opět rozsvítit. Polohu potenciometru označíme na stupnici. Zacloníme objektiv na nejbližší menší clonu. Opakujeme popsaný postup a označíme na stupnici polohy postupně pro dalších 5 clon. Tak získáme na stupnici 6 značek. Pokud první a poslední značka nejsou poblíž konce, případně začátku stupnice, změníme polohu běžců odporových trimrů  $P_1$  a  $P_3$  a opakujeme výše popsaný postup.

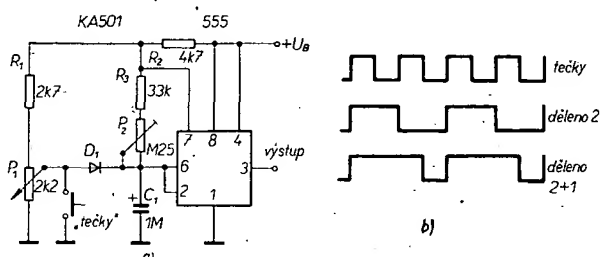
Stupnici je možné také opatřit časovým dělením. Vzdálenost mezi značkami jednotlivých clon odpovídá časovému poměru 2:1. Stupnici časového dělení se doporučuje v intervalu jednotlivých clonových čísel opatřit podrobnějším časovým dělením v poměru 1:1,2, 1:1,4, 1:1,6, 1:1,8, a 1:2.

Používání přístroje je možné nejlépe vysvětlit na příkladu. Vychází se z negativu, ze kterého byla pořizena zcela vyhovující zvětšenina metodou zkušebního proužku. Tento negativ se použije jako „standard“ pro určitý druh papíru. Změříme osvětlení v nejsvětlejším, případně nejtmavším místě snímku, případně ve středně tmavém místě. Zjištěné údaje si poznamenejme (např. 2,2 při době expozice 10 s). Při použití stejného druhu papíru, ale za změněných podmínek (jako je větší nebo menší zvětšení, tmavší nebo světlejší negativ) pak realizujeme sondou porovnávací měření osvětlení. Dojdeme např. k hodnotě 3,4. To je o 1,2 vic, než byl standard 2,2. Součinitel, kterým je třeba násobit dobu expozice, je v tomto případě 2,4, což odpovídá dvojnásobku za jedno clonové číslo rozdílu, vynásobenému 1,2 za rozdíl časového dílku 0,2. Je tedy možné ponechat clonu a exponovat 24 sekund, nebo zvětšit světelnost (otevřít clonu) o jeden stupeň a exponovat 12 sekund. Při naměřené hodnotě např. 1,6 je rozdíl jedno clonové číslo plus 0,4 dílku časového dělení ( $1,6 = 2,2 - 1 + 0,4$ ), násobitel je tedy roven 1/2, což vede k expozici 5 sekund (to odpovídá respektování clonového čísla), násobené 1,4 za 0,4 dílku časové stupnice, tedy konečný výsledek je 7 sekund. I když se tento výpočet zdá složitý, je to nejjednodušší způsob, jak zabránit omylům, a také důvod, proč je třeba podrobněji dělit jen časovou stupnici. „Standardní“ hodnoty je samozřejmě třeba zjistit a respektovat pro každý druh používaného papíru.

Practical Electronis č. 11/1975.

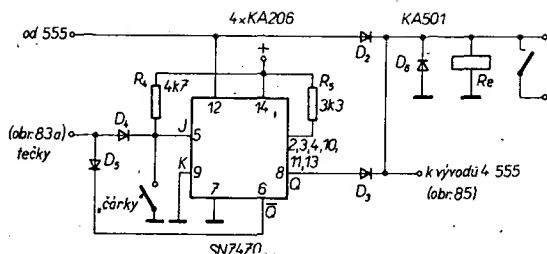
## Elektronický telegrafní klíč

Jako základní prvek elektronického telegrafního klíče je možné použít astabilní multivibrátor s obvodem typu 555. V běžném zapojení se však při blokování funkce multivibrátoru vyskytnou potíže, související s tím, že ve stavu oscilací se napětí na časovacím kondenzátoru mění od 1/3 do 2/3  $U_B$ . Zkratuje-li se k blokování funkce astabilního multivibrátoru tento časovací kondenzátor, je první polovina cyklu po nasazení oscilací téměř dvakrát

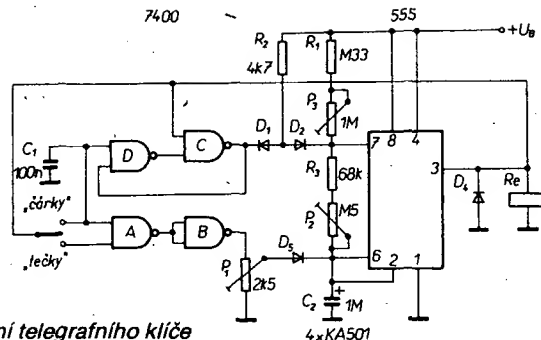


Obr. 83. Základní část elektronického telegrafního klíče





Obr. 84. Dělička dvěma a součet 2 + 1 pro telegrafní klíč z obr. 83



Obr. 86. Jiné zapojení telegrafního klíče

delší, než následující. Tyto obtíže lze snadno odstranit, když se v blokováném stavu přivádí na časovací kondenzátor napětí o hodnotě  $1/3 U_B$ . Na obr. 83a je schéma zapojení astabilního multivibrátoru s jednoduchou úpravou, zajišťující, že první polovina cyklu po přerušení blokování je stejně dlouhá, jako následující. Potenciometrem P<sub>1</sub> se nastaví napětí na diodě D<sub>1</sub>, tak, aby na C<sub>1</sub> bylo napětí rovné  $1/3 U_B$ , nebo mírně větší. Pro P<sub>1</sub> lze doporučit několikaotáčkový potenciometr, který umožní přesnější nastavení. Typ použité diody není kritický, dioda však musí mít malý zpětný proud. Tento oscilátor je možné použít jako základ elektronického klíče, je však třeba vyřešit dosažení poměru délky teček a čárek 1:3. V popisovaném zapojení byl použit základní oscilátor, u něhož délka poloviny cyklu výstupního signálu se rovná době trvání tečky. Délka čárek se odvodí z cyklu teček podle obr. 83b součtem jednoho a půl cyklu teček, přičemž mezera mezi čárkami se rovná délce tečky. Jde o dělení základního kmitočtu dvěma obvody bistabilního klopného obvodu a součet obou signálů. Příslušné schéma je na obr. 84. Kmitočty signálu se dělí klopným obvodem J-K, pro součet se používá hradlo OR, sestavené z diod D<sub>2</sub> a D<sub>3</sub>.

Při sepnutí klíče „čárky“ se napětí kondenzátoru C<sub>1</sub> připojí přes diodu D<sub>4</sub> k zemi, což umožní generování tečky. Současně se vstup J klopného obvodu J-K přivádí na úroveň log. 0, což umožní přechod výstupu Q do stavu log. 1, když má signál oscilátoru úroveň log. 1.

Je nezbytné, aby na vstupu J byla úroveň log. 0 dříve, než signál oscilátoru dosáhne úrovně log. 1, protože jinak by místo čárky vznikla nejprve tečka, následovaná čárkou. Vliv na to může mít nastavení potenciometru P<sub>1</sub>. Proto při nesprávné funkci je třeba znovu nastavit potenciometr P<sub>1</sub>, tak, aby před první čárkou nevznikala tečka.

V okamžiku, kdy výstup oscilátoru přechází do stavu log. 1, přechází do stavu log. 1 i výstup klopného obvodu Q, relé na výstupu spíná. Když se výstup oscilátoru vrací na úroveň log. 0, klopný obvod svůj stav nemění, a relé zůstává přitaženo

napětím z výstupu Q přes diodu D<sub>3</sub>. Když výstup oscilátoru přechází opět do stavu log. 1 a klopný obvod se překlápí, takže výstup Q přechází na úroveň log. 0, je relé přidržováno přes D<sub>2</sub>. Teprve když se výstup oscilátoru vrací na úroveň log. 0, relé odpadne, a pokud je dále stisknut klíč „čárky“, začíná nový cyklus při návratu výstupu oscilátoru do stavu log. 1.

Obvod klíče je doplněn nízkofrekvenčním oscilátorem, používaným pro kontrolu klíčování. Schéma zapojení je na obr. 85, používá se integrovaný obvod typu 555, zapojený jako astabilní multivibrátor, jehož výstupní signál se přivádí přes kondenzátor C<sub>2</sub> na malý reproduktor o impedanci 8 Ω. Pro spínání tohoto obvodu se používá vývod 4, připojený ke společnému bodu diod D<sub>2</sub> a D<sub>3</sub> v zapojení na obr. 84.

Elektronický telegrafní klíč je možné také realizovat v dalším zapojení, které používá kromě obvodu typu 555 integrovaný obvod typu MH7400, čtyři dvouvstupová hradla NAND. Ze zapojení na obr. 86 je zřejmé, že když je klíč ve střední poloze, jsou oba vstupy hradla A nezapojeny, tedy jeho výstup bude ve stavu log. 0. Na výstupu hradla B, zapojeného jako invertor, bude úroveň log. 1 a kondenzátor C<sub>2</sub> bude polarizován napětím, jehož velikost určuje poloha běžce potenciometru P<sub>1</sub>. Oscilátor je blokován, na jeho výstupu je úroveň log. 0, a tedy nejméně na jednom ze vstupů hradla C je úroveň log. 0, což způsobí, že na jeho výstupu bude úroveň log. 1. Jsou tedy oba vstupy hradla D ve stavu log. 1 a na jeho výstupu je log. 0.

Při nastavení klíče do polohy „tečky“ se přivádí jeden ze vstupů hradla A do stavu log. 0 (z výstupu oscilátoru), jeho výstup přechází do stavu log. 1 a na výstupu hradla D se objeví log. 0, rušící polarizaci kondenzátoru C<sub>2</sub>. Ten se vybije až na  $1/3 U_B$ , obvod se překlápí a výstup oscilátoru 3 přechází do stavu log. 1. Hradla A a B změní znovu svůj stav, na oscilátor to však nepůsobí, protože na C<sub>2</sub> je napětí větší, než je polarizační napětí. Výstup hradla C je ve stavu log. 1, na vývodu 7 oscilátoru je napětí  $U_B$ , rychlost nabíjení kondenzátoru C<sub>2</sub> závisí na R<sub>3</sub> a P<sub>2</sub>.

Dosáhne-li napětí na C<sub>2</sub>  $2/3 U_B$ , oscilátor změní stav a C<sub>2</sub> se začíná vybíjet přes R<sub>3</sub> a P<sub>2</sub>. Udrží-li se klíč v poloze „tečky“, na výstupu hradla B je úroveň log. 0, kondenzátor se vybije až do úrovně  $1/3 U_B$  a začíná nový cyklus. Když je klíč rozpojen, kondenzátor C<sub>2</sub> se vybije až na polarizační napětí, které je menší než  $1/3 U_B$ , a oscilátor se zablokuje.

Když je na výstupu 3 oscilátoru úroveň log. 0 a sepně-li se klíč do polohy „čárky“, je výsledek stejný, jako by byl v poloze „tečky“ – potlačí se polarizační napětí na C<sub>2</sub> a výstup oscilátoru přechází do stavu log. 1. Na vstupu hradla D se to projeví s malým zpožděním vzhledem k C<sub>1</sub>, což umožní překlápění hradla do stavu log. 0. Odpor R<sub>2</sub> je tedy připojen k potenciálu země. Kondenzátor C<sub>3</sub> se pak musí nabíjet přes obvod R<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, R<sub>3</sub> a P<sub>2</sub>. Dosáhne-li

napětí na kondenzátoru  $2/3 U_B$ , oscilátor se překlápí a C<sub>2</sub> se vybije přes R<sub>3</sub> a P<sub>2</sub>. To umožní snadno volit dobu trvání čárek při délce mezery rovné délce teček.

Pro kontrolu klíčování je možné použít stejný nízkofrekvenční oscilátor podle obr. 85. Pro napájení popsaných zapojení se používá stabilizované napětí 5 V. S výhodou je k tomuto účelu možné použít např. obvod MAA723.

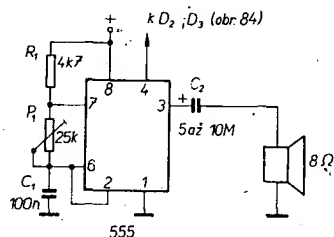
Le Haut Parleur č. 1420

## Monitor srdečního rytmu

Popisovaný přístroj není určen pro diagnostické účely, byl navržen pro použití ve sportovních střediscích a pro experimenty s biologickou zpětnou vazbou. Tomu odpovídá i koncepce řešení – pro snímání tepu se používá jednoduché prosvětlovací čidlo, k indikaci se užívá obyčejné ručkové měřidlo. Pro metodu měření byly i při použití analogové indikace dvě možnosti: buď měřit dobu mezi dvěma údery srdce, nebo zkusit aplikovat princip integračního měření kmitočtu. Protože první z obou metod vyžaduje složitější zapojení a vede k nelineární a „obrácené“ stupnici, bylo pro realizaci přístroje využito druhé metody – integrační.

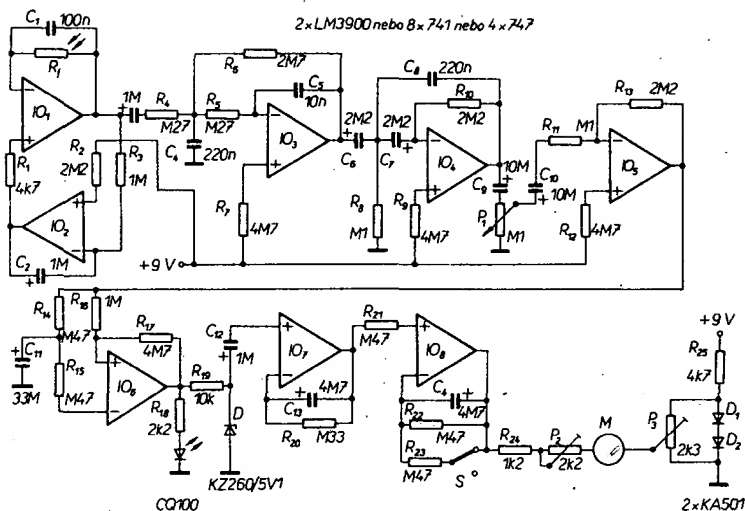
Schéma zapojení přístroje je na obr. 87. Vstupní čidlo tvoří žárovka a fotoodpor, vestavěné do kuličky na prádlo tak, aby se mezi ně „vešla“ malá část tkáně, například ušního boltce nebo prstu. Srdce při jednotlivých tepech zásobuje krevní řečiště celého těla, čímž se cyklicky mění propustnost tkáně pro světlo. Cyklicky se tedy mění osvětlení fotoodporu a tím i jeho odpor. Protože skutečné množství propouštěného světla je v určitém rozsahu individuální, u jednotlivých osob se liší, a kromě toho závisí i na tloušťce tkáně mezi prvky čidla, je třeba na vstupu použít obvod pro stabilizaci pracovního bodu.

Stabilizační funkci zajišťují obvody IO<sub>1</sub> a IO<sub>2</sub>. Pracovní režim obvodu IO<sub>1</sub> zajišťuje, že proud fotoodporem bude vždy roven proudem fotoodporem R<sub>1</sub>. Proud obvodu IO<sub>2</sub> je automaticky nastavován obvodem IO<sub>2</sub> tak, že výstupní napětí je asi 4 V (protože proud odporem R<sub>2</sub> musí být stejný, jako proud odporem R<sub>3</sub>). Kondenzátor C<sub>2</sub> zabraňuje rychlým změnám proudu odporem R<sub>1</sub> a tak jsou indikovány i poměrně rychlé změny osvětlení tkáně, způsobené srdečním tepem, vyvolávající změnu odporu R<sub>1</sub>. Protože výstupní napětí IO<sub>1</sub> je velmi malé, je ho třeba zesílit zesilovací IO<sub>3</sub> a IO<sub>4</sub> o 40 dB. Obvod IO<sub>3</sub> současně tvoří dolní propust, omezující maximální rychlost detekce na 250 pulsů za minutu. Obvod IO<sub>4</sub> kromě zesilovací funkce plní také funkci dolní zadržky, ořezává signály pod 30 pulsů za minutu. Tyto filtry vylučují brumové napětí 50 Hz a další rušivé signály, které mohou vznikat při pomalých pohybech těla a mohly by rušit při měření. Protože úroveň dodávaného vstupního signálu se může u jednotlivých osob lišit až o 20 dB, je za IO<sub>4</sub> zařazen regulátor



Obr. 85. Nf oscilátor ke kontrole klíčování





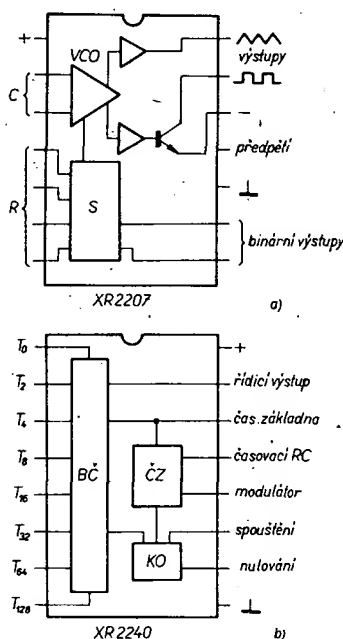
**Obr. 87. Monitor srdečního rytmu**

*Obr. 89. Melodický zvonek třetí generace*

Výstupní signál obvodu IO<sub>5</sub> je třeba před dalším zpracováním tvarovat na pravouhlý průběh. Tuto funkci plní obvod IO<sub>6</sub>, u něhož potřebnou kladnou zpětnou vazbu zajišťuje odpor R<sub>17</sub>. Oba vstupy obvodu IO<sub>6</sub> jsou připojeny k výstupu obvodu IO<sub>5</sub>, na invertující vstup se však střídavý signál nedostává, což zajišťuje kondenzátor C<sub>11</sub>. Na výstup obvodu IO<sub>6</sub> je připojena dioda LED, indikující vizuálně detekovaný srdeční puls.

*Electronics Today International, prosinec 1976*

## Melodický zvonek třetí generace

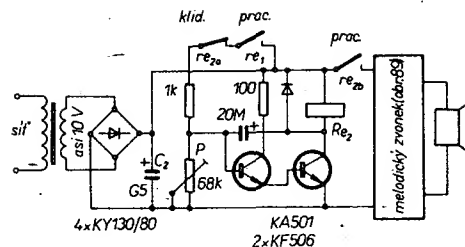
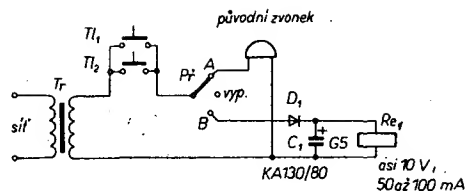


našem trhu k nejběžnějším. Jde o XR-2207, programovatelný tónový oscilátor, který je řízen pseudonáhodnou binární posloupností impulsů, generovanou integrovaným obvodem čítače/časovače XR-2240.

Programovatelný čítač/časovač XR-2240 se skládá z oscilátoru časové základny, řídicího klopného obvodu a programovatelného osmibitového čítače. Jeho funkční schéma je na obr. 82b. Osm výstupů je v provedení s otevřeným kolektorem, mohou se tedy používat buď odděleně, nebo v paralelním zapojení v konfiguraci "wired-or".

Na obr. 89 je celkové zapojení elektronického melodického zvukonu. Obvod XR-2207 je zdrojem posloupnosti tónů, nastavených vnějším kondenzátorem  $C_1$  a odpory  $R_1$  až  $R_6$ , připojenými mezi vývody 4–7 obvodu. Těmito odpory se nastavuje kmitočty, tedy výška tónu. Obvod čítače/časovače generuje pseudonáhodný sled impulsů, odvozený čítáním kmitočtů časové základny. Výstupy čítače XR-2240 (vývody 1 a 8) pak aktivují časovací odpory  $R_1$  až  $R_6$  oscilátoru, který převádí binární impulsy na tóny. Kmitočty časové základny čítače/časovače určuje tempo melodie. Nastaví se pomocí  $C_3$  a proměnného odporu  $R_7$ .

Sled impulsů na výstupu obvodu čítače/časovače je možné programovat volbou výstupů čítače (vývody 1 až 8 obvodu XR-2240, připojených k programovacím vstupům obvodu oscilátoru XR-2207 (vývod 4 až 7). Doporučujeme použít zapojení



Obr. 90. Zapojení zvonku ( $T_1$ ,  $T_2$  – domovní a dveřní tlačítka,  $Tr$  – domovní zvonkový transformátor)

podle obrázku, protože v tomto zapojení se na výstupu dosahuje zvláště melodické posloupnosti tónů.

Pseudonáhodná posloupnost impulsů čítače/časovače se opakuje v osmibitových intervalech (256 kroků) časové základny. Melodie tedy trvá, podle kmitočtu časové základny, 1 až 2 minuty a pak se opakuje. Protože obvod časovače/čítače se při zapnutí vždy nuluje, začíná při zapnutí syntezátoru melodie vždy ve stejném místě.

A nyní ke konkrétní stavbě zvonku. Elektronickou část montujeme na jednu desku s plošnými spoji. Jako transformátor  $Tr$  (na obr. 89) použijeme výstupní miniaturní transformátor, pokud možno s co největší impedancí primárního vinutí. Reprodukter použijeme většího průměru. Hlasitost lze regulovat trimrem  $R_7$ . „Melodii“ nastavíme podle libosti odporovými trimry  $R_1$  až  $R_6$ . Rychlost rytmu lze regulovat od několika sekund do několika minut proměnným odporem  $R$ . Zařízení nepotřebuje stabilizované napětí.

Na obr. 90 je konečná úprava zvonku. Domovní tlačítka ponecháme beze změn, zařadíme jen telefonní nebo jiný přepínač ( $P_1$ ), v jehož poloze A ponecháme i původní domovní zvonek. Přepnutím do polohy B se při zazvonění usměrni střídavé napětí z domovního zvonkového transformátoru a místo zvonek na chvíli sepne relé  $Re_1$ . Jeho pracovní kontakty  $re_1$  spustí časový spínač, který sepne relé  $Re_2$ . Jeho pracovní kontakty  $re_2$  spínají napájení melodického zvonku, klidové kontakty  $re_2$  rozpojí časové relé, aby během melodie bylo zvonkové tlačítko vyřazeno. Teprve po odeznění melodie, kdy časový spínač odpadne, je možné znovu „zazvonit“. Délku sepnutí časového spínače nastavíme trimrem  $P$  (obr. 90) tak, aby zvonek odehrál celý svůj „program“ jednou nebo vícekrát (podle přání). Melodický zvonek můžeme použít i pro buzení apod.

### Indikátor rychlosti otáčení

Většina motoristů si uvědomuje potřebu šetřit pohonnou hmotu. Je známo, že na spotřebu má vliv i styl jízdy. K dosažení malé spotřeby je potřeba udržovat motor v režimu poměrně malých rychlostí otáče-

ní a přidávat „plyn“ až do oblasti rychlosti otáčení, odpovídající maximálnímu točivému momentu motoru. Pro kontrolu není vždy nutný otáčkoměr s analogovou nebo digitální indikací. Užitečnou pomůckou může být i jednoduchý přístroj, indikující pět rozsahů rychlosti otáčení pomocí dvou diod LED.

Zapojení přístroje je na obr. 91. Vstupní signál pro indikaci se získává buď přímo z primárního vývodu zapalovací cívky, nebo indukci (z několika závitů drátu, ovinutého kolem vysokonapěťového kabelu mezi zapalovací cívkou a rozdělovačem). Pro připojení se doporučuje použít ohebný stíněný vodič. Vstupní signál se upravuje monostabilním multivibrátorem, sestaveným ze dvou hradel NAND obvodu  $10_1$ , za kterým je zapojen integrační člen ( $R_5$ ,  $C_3$ ). Jeho výstupní napětí se přivádí na čtyři napěťové komparátory, pro které byla použita hradla NAND (v originální konstrukci technologie CMOS). Dva z těchto komparátorů (1 a 2) se používají pro přímé řízení spínacích tranzistorů při příliš malých nebo příliš velkých rychlostech otáčení motoru.

Další dva komparátory (3 a 4) pro oblast optimálního točivého momentu zapínají, případně vypínají astabilní multivibrátor ( $1/2 I_{O1}$ ), čímž se indikuje také přechodová oblast při překročení optimálního rozsahu rychlostí otáčení motoru, nebo její zmenšení pod tento rozsah. Tranzistory  $T_2$  a  $T_3$  spínají diody LED, zelenou a červenou.

Abyste dosáhli přesné indikace na všech rozsazích, je třeba použít stabilizované napájecí napětí. Pro nastavení se používají nízkofrekvenční signály 50 až 200 Hz, odpovídají u čtyřválcového čtyřtaktovního motoru rychlostem 1500 až 6000 otáček za minutu. Pokud je k dispozici otáčkoměr, je možné přístroj nastavit přímo v motorovém vozidle. Při nastavení je třeba dodržet určitý postup. Nejprve se připojí stabilizované napájecí napětí. Na vstup se připojí měřený signál ze zapalovací cívky nebo z nízkofrekvenčního generátoru. Pak se nastaví běžce potenciometrů  $P_1$  a  $P_3$  do polohy nejbližší k zemi, běžce potenciometrů  $P_2$  a  $P_4$  do polohy nejbližší vstupnímu napětí. V oblasti mezi 1500 až 6000 otáček za minutu musí svítit

zelená dioda LED. Když se rychlost otáčení zmenší pod 1500 ot/min, nastaví se potenciometr  $P_2$  tak, aby se rozsvítila červená dioda LED. Současně zhasíná zelená dioda. Podobně se nastaví potenciometr  $P_1$  tak, aby se při nadměrných rychlostech otáčení (přes 6000 ot/min) rozsvítila červená dioda LED při vstupním kmitočtu 200 Hz, odpovídajícím 6000 ot/min. Když je pro určitý typ motorového vozidla rozsah rychlostí otáčení pro optimální točivý moment například 2700 až 4000 ot/min, tak se nejprve nastaví potenciometr  $P_4$  při překročení 2700 ot/min (svítí zelená dioda) a pak se nastaví potenciometrem  $P_3$  při rychlosti otáčení asi 4000 ot/min.

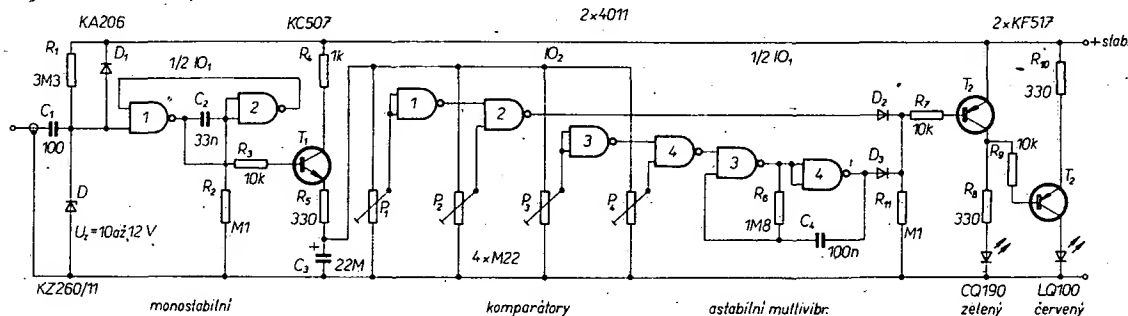
Na závěr je třeba přezkoušet funkci zařízení v celém rozsahu rychlostí otáčení. Pokud by byl dodržen postup nastavení, pak v oblasti příliš malých rychlostí otáčení motoru svítí červená dioda, v přechodové oblasti bliká zelená-červená, v optimální oblasti svítí zelená, v následující přechodové oblasti bliká červená-zelená a v oblasti nadměrných rychlostí svítí červená dioda.

Funkschau č. 20/1981

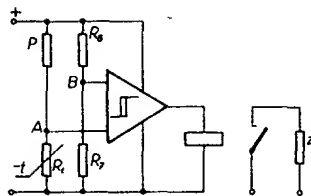
### Elektronický termostat

Popisovaný přístroj je určen pro udržování konstantní teploty vody v akváriu (přesněji řečeno v určitém teplotním rozmezí), může však najít použití i v jiných aplikacích. Protože se pro regulaci teploty vody používá topné tělísko, je použití omezeno na regulaci teploty vody na teplotu vyšší, než je teplota okolního prostředí.

Přístroj používá princip nespojitě regulace teploty. Blokové schéma je uvedeno na obr. 92. K termistorovému můstku  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  a  $R_4$  je připojen Schmittův klopný obvod, ovládající relé, které se používá pro spínání topného tělíska. Odpor termistorového čidla se mění v závislosti na teplotě, průběh této změny je nelineární, má exponenciální charakter. To však v poměrně malém rozsahu regulovaných teplot od 15 do 30 °C nevadí. Předpokládáme, že při určité teplotě je pomocí  $P$  můstek vyrovnán. Při zvýšení regula-



Obr. 91. Indikátor otáček



Obr. 92. Elektronický termostat pro akvárium – základní zapojení

né teploty se změni odpor termistoru, rovnováha můstku se poruší a mezi body A a B vzniká chybové napětí. Uvedené body jsou spojeny se vstupem klopného obvodu. Dosáhne-li chybové napětí určité velikosti, přepoklopí se klopný obvod. Klopný obvod se do původního stavu vrátí při zmenšení vstupního napětí. Když se relé, ovládané výstupem klopného obvodu, a spínající topné tělísko, zapojí tak, aby v klidovém stavu klopného obvodu bylo sepnuto, pak je zapnuto topné tělísko a teplota se zvyšuje, dokud vstupní napětí klopného obvodu nedosáhne velikosti nutné k jeho přepoklopení. Přepoklopí-li se obvod, relé vypne topení, voda se vlivem okolní teploty ochlazuje, dokud se chybové napětí můstku nezmenší. Klopný obvod se pak vrací do klidového stavu, topení se opět zapíná a celý cyklus se opakuje. Jde vlastně o oscilace složitějšího elektronického a termodynamického systému, jehož cyklus se skládá ze dvou částí,  $t_1$  a  $t_2$ , přičemž  $t_2$  odpovídá době topení. Na délku má vliv celá řada parametrů, jako teplotní setrvačnost systému, výkon topného tělíska, nastavení hystereze klopného obvodu, rozdíl mezi nastavenou teplotou a teplotou okolí atd. Čím užší je požadované rozmezí teplot, tím vyšší musí být opakovací kmitočet spínání relé. Z hlediska doby života používaného relé je vhodné, aby cyklus spínání trval řádově jednotky minut. Podle velikosti regulované nádrže je také třeba volit výkon topného tělíska.

Schéma zapojení přístroje je na obr. 93. V přístroji se používají tři tranzistory. Dva z nich jsou nízkofrekvenční n-p-n malého výkonu, koncový tranzistor p-n-p musí dodat výkon, potřebný pro sepnutí relé. K napájení přístroje se používá síťový zdroj o napětí 9 V. Tomu musí odpovídat i použité relé.

Termistorový můstek je sestaven z  $R_1$ ,  $P_1$ ,  $R_2$  a  $R_3$ . Hodnota odporu  $R_3$  není ve schématu uvedena, jde o odpor, kterým se nastavuje hystereze Schmittova klopného obvodu. Diody  $D_1$  slouží pro omezení špiček vznikajících při odpojování relé, současně zabraňuje oscilacím regulačního systému v blízkosti nastavené teploty.

Konstrukce přístroje neklade žádné zvláštní nároky. Při realizaci je však třeba

dbát na bezpečnou izolaci a ochranu vodní nádrže s ohledem na používané elektrické napětí. Doporučuje se použít topná tělíska prodávána odbornými prodejny pro tyto účely. Teplotní čidlo je možné umístit na vnější stěnu akvária, nebo přímo do vody (v izolační vrstvě). Pro dosažení dobré regulace je vhodné, aby čidlo mělo malou setrvačnost. Postup nastavení přístroje je jednoduchý. Teplotu vody měříme teploměrem a stupnici proměnného odporu  $P_1$  ocejchujeme ve  $^{\circ}\text{C}$ . Zařízení je nejvhodnější zkoušet v akváriu bez rybiček. Popsané zařízení vyhovělo dobře v dlouhodobém provozu při teplotě vody  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ .  
Le Haut Parleur č. 1621

## Logická zapojení s fototranzistory

Zdroje světelného záření je možné kontrolovat fototranzistory, které se dají sestavovat do logických zapojení. Na obr. 94a až 94d jsou uvedeny čtyři základní logická zapojení. Pro hradlo AND a hradlo NAND (obr. 94a a 94b) se fototranzistory zapojují do série. Pro hradlo OR (obr. 94c) a hradlo NOR (obr. 94d) jsou tranzistory zapojeny paralelně. Výstup hradla má úroveň log. 0, když jsou oba tranzistory osvětleny. Diody v emitorovém obvodu společně se svodovým obvodem báze zabraňují tomu, aby se tranzistor otvíral zbytkovým proudem fototranzistoru.

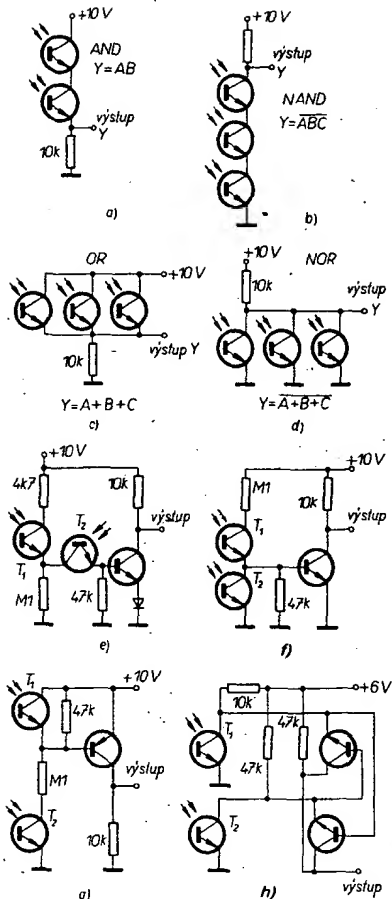
Zapojení podle obr. 94f má na výstupu úroveň log. 1, když je fototranzistor  $T_1$  neosvětlen,  $T_2$  osvětlen. Zapojení podle obr. 94g přechází do stavu log. 1, když je fototranzistor  $T_1$  osvětlen, zatímco  $T_2$  je neosvětlen.

Na obr. 94h je zapojení exkluzivního hradla OR s fototranzistory. Když jsou oba fototranzistory neosvětleny, pak jsou tranzistory zavřeny, protože jejich báze a emitory jsou přibližně na potenciálu napájecího napětí. Dopadne-li na fototranzistor  $T_1$  světlo, pak vede také příslušný tranzistor, protože napětí na jeho emitoru se zmenší téměř na nulu a přes kolektorový odpor  $R_2$  protéká proud báze. Dopadne-li pak světlo také na druhý fototranzistor, zavrou se opět oba tranzistory, protože jejich báze i emitory jsou přes fototranzistory připojeny na zemní potenciál.

Radio Fernsehen Elektronik č. 3/1978

## Fotoelektrický vratný čítač s indikací

Toto zařízení má univerzální použití, protože umožňuje indikovat okamžitý počet osob, automobilů, atd. ve sledovaném prostoru. Mezi možnostmi aplikace patří sledování počtu zákazníků v samoobslu-

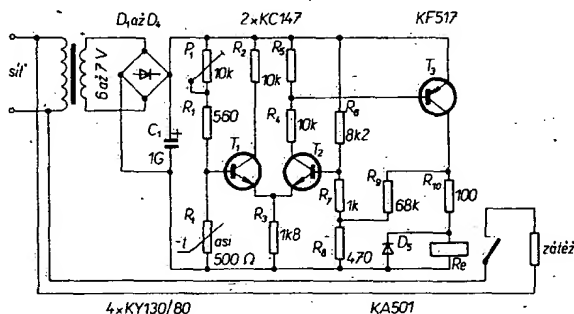


Obr. 94. Logická zapojení s fototranzistory

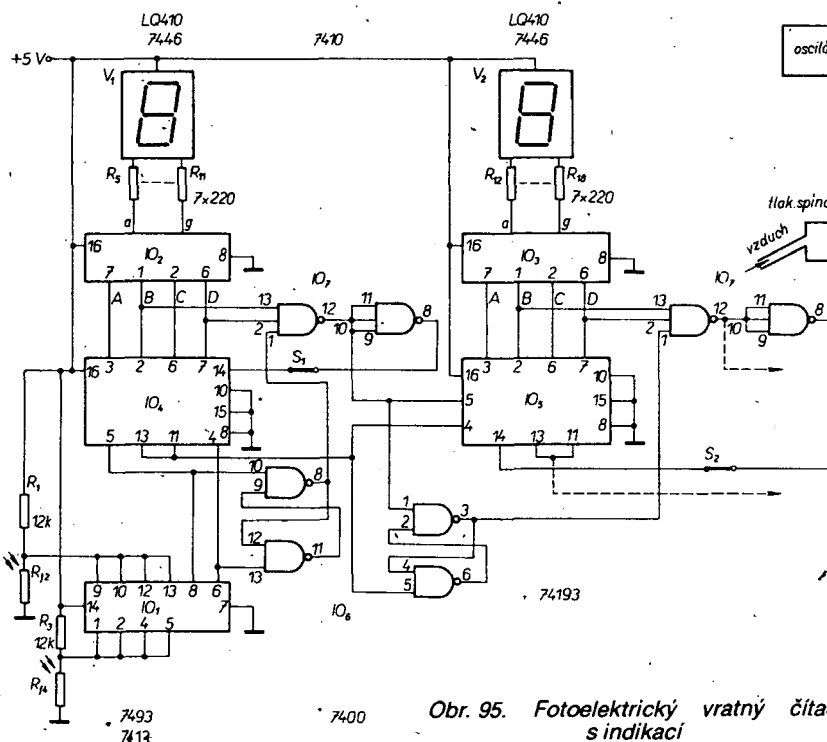
hách, obchodních domech, návštěvníků v galériích, automobilů v parkovacích garážích, návštěvníků sportovišť atd.

Schéma zapojení je na obr. 95. Jako čidla se používají fotodiody  $R_{12}$  a  $R_{14}$ , které tvoří část odporového děliče napětí. Při dopadu světla mají odpor asi 100  $\Omega$ . V tomto případě je na odporu  $R_2$  napětí asi 0,4 V. Při přerušení světelného paprsku jsou použity Schmittovy klopné obvody ( $IO_1$ ), které dodávají signály pro ovládání první dekadý čítače  $IO_4$ , která dále obsahuje dekodér  $IO_2$  a jednotkový displej  $V_1$ . Druhou dekadu tvoří obvod  $IO_3$ , připojený k dekodéru  $IO_3$  a desítkovému displeji  $V_2$ . Integrované obvody  $IO_6$ ,  $IO_7$  a  $IO_8$  realizují potřebné pomocné logické funkce, související s požadovanou dekadickou funkcí čítače při použití hexadecimálních obvodů. Funkce použitých binárních čítačů odpovídá katalogovým údajům a časovému diagramu, nebudeme ji proto zvlášť popisovat. Určitý komentář však vyžadují pomocné logické obvody, zajišťující, aby čítače a displej při čítání směrem nahoru do dosažení stavu 9 přecházely do stavu 10 a naopak. Je samozřejmě možné zapojení také upravit pro použití vratných čítačů typu 74192, které mají příslušnou řídicí logiku vestavěnou, a pak potřeba pomocných logických obvodů odpadá. Někdy však, zvláště v amatérské praxi, není možné použít ideální obvody, a pak je možné se na uvedeném zapojení seznámit s řešením zapojení binárních nebo dekadických čítačů.

Činnost přídavných logických obvodů zajišťuje generování nulovacího impulsu



Obr. 93. Elektronický termostat pro akvárium



Obr. 95. Fotoelektrický vratný čítač s indikací

při přechodu ze stavu 9 do stavu 10, ze stavu 15 do stavu 16, a při přechodu ze stavu 0 při čítání dolů do stavu 9. Funkce zjištění stavu binární 1010 (dekadická 10) se realizuje jedním ze třívstupových hradel NAND obvodu IO<sub>7</sub>. Dva ze vstupů jsou připojeny k vývodům 2 a 7 čítače a přivádí se na ně současně stav log. 1, jakmile stav čítače dosáhne 10. Třetí vstup tohoto hradla je připojen k jednomu z výstupů klopného obvodu, sestaveného ze dvouvstupových hradel NAND obvodu IO<sub>6</sub>. Tento výstup (vývod 8 obvodu IO<sub>6</sub>) bude mít úroveň log. 1, když se stav příslušného vstupu IO změní z log. 0 na log. 1. K tomu dochází při příchodu prvního impulsu čítání nahoru. Vstup 8 zůstane ve stavu log. 1, dokud je na vstupu IO log. 1. Tak při dosažení stavu čítače 10 jsou všechny tři vstupy hradla NAND ve stavu log. 1, na jeho výstupu (vývod 12) je úroveň log. 0, která se přivádí na vstup následujícího čítače IO<sub>5</sub> pro čítání nahoru, a na vstup dalšího klopného obvodu ze dvou dvouvstupových hradel obvodu IO<sub>6</sub>, který opakuje právě popsaný postup pro následující čítač. Vývod 12 obvodu IO<sub>7</sub> je připojen k paralelně propojeným vstupům 9, 10 a 11 hradla, zapojeného jako invertor. Když jsou tyto vstupy ve stavu log. 0, je na výstupu (vývod 8) úroveň log. 1, která se přivádí na nulovací vstup IO<sub>4</sub>, a způsobí, že se na výstupech tohoto obvodu objeví binární 0000 (dekadická 0). Spínače S<sub>1</sub> a S<sub>2</sub> umožňují manuální ovládání.

Pomocné logické funkce při „čítání dolů“ je možné stručně popsat takto: na vstup 4 obvodu IO<sub>4</sub> přichází první impuls čítání dolů, který se přivádí také na vstup 13 klopného obvodu ze dvou hradel IO<sub>6</sub>, a způsobí přechod výstupu (vývod 8) z log. 1 na log. 0. Tak pokračuje čítání dolů po dosažení binárního 0000 (dekadická 0) při přechodu z log. 1 na log. 0 následujícího záporného impulsu přechodem vývodu 13 přenosu dolů dolů na log. 0. Tento výstup je propojen se vstupem předvolby (vývod 11) a vstupem pro

čítání dolů následujícího čítače IO<sub>5</sub>. Tak se do následujícího čítače předává „negativní“ přenos na jeho vstup čítání dolů, což indikuje, že předcházející čítač dosáhl dolní hranice čítání.

Čítač IO<sub>4</sub> by měl podle vnitřní logiky v této situaci přepnout binární stav výstupů ze stavu 1111 (dekadická 15), čemuž je třeba v našem případě zabránit. Požaduje se, aby obvod IO<sub>4</sub> při čítání dolů indikoval po stavu 0000 binární stav 1001 (dekadická 9). Pomocné logické řídicí obvody to zajišťují takto: když je na vstupu předvolby úroveň log. 0, pak se vzhledem k propojení s výstupem přenosu dolů informace na vstupu dat (vývody 15, 1, 10 a 9) přenesou na výstup. V tomto případě je na vstupu dat binární stav 1010 (dekadická 10), který při přechodu impulsu přenosu dolů z 0 do 1 přechází na stav 1001 (dekadická 9). Binární stav 1010 je na vstupech obvodů IO<sub>4</sub> a IO<sub>5</sub> trvale, což je dáno jejich zapojením. Podobný cyklus platí i pro obvod IO<sub>5</sub>.

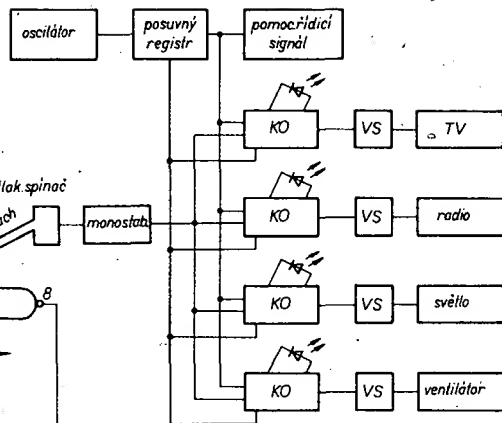
Pro vlastní realizaci lze doporučit použití desky s oboustrannými plošnými spoji. Zapojování vyžaduje pečlivou práci a kontrolu, aby se zbytečnými chybami nekomplikovalo oživení přístroje.

Pokud by uvažované použití přístroje nestačily dvě dekady čítání, je možno snadno doplnit třetí, případně další. Způsob připojení je naznačen čárkovanými spoji ve schématu na obr. 95. Jeden vede z vývodu 11, 13 obvodu IO<sub>5</sub> (na vstupu pro čítání dolů následujícího čítače) a druhý z vývodu 12 obvodu IO<sub>6</sub> (na vstup pro čítání nahoru následujícího stupně čítače).

Antenna, duben 1976

### Elektronický přepínač pomáhá invalidům

Elektronika jako většina technických oborů nachází řadu aplikací, které usnadňují a zpřijemňují život lidem. Je určitým paradoxem, že se někdy usnadňují úkony poměrně snadné, či dokonce zbytečné. Například dálkovým ovládáním moderních televizorů je možné nastavit optimální kvalitu obrazu a hlasitost zvukového doprovodu, případně zvolit jiný program



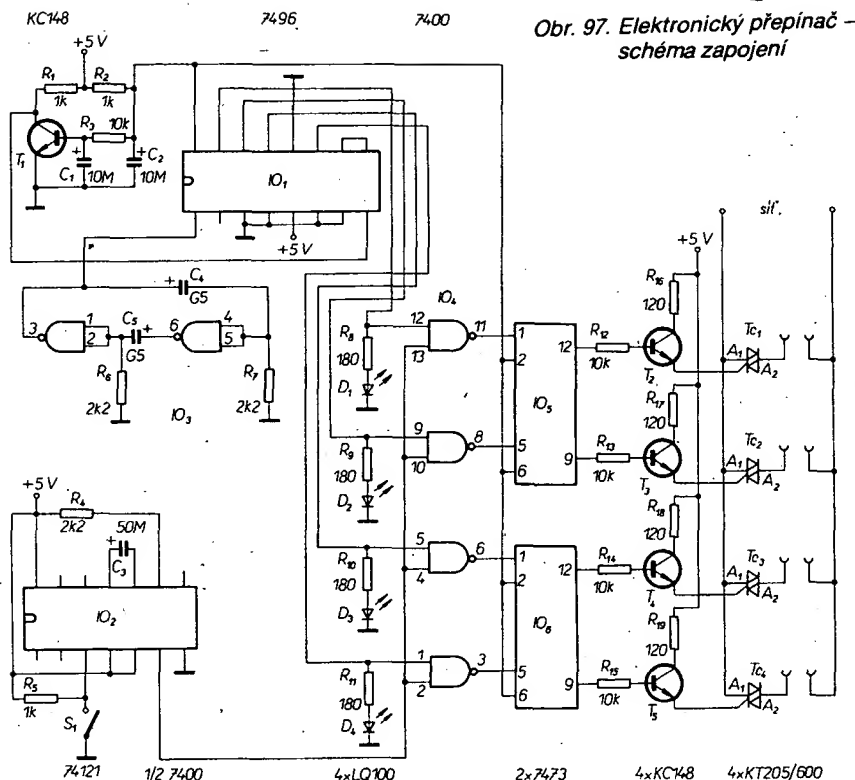
Obr. 96. Elektronický přepínač – blokové schéma

a to nejen s přihlédnutím k pozorovací vzdálenosti, ale především s přihlédnutím k maximální pohodlnosti obsluhy. Přitom ve společnosti žije řada invalidů, kterým by dálkové ovládání elektrických spotřebičů, přizpůsobené jejich možnostem, alespoň usnadnilo život. Taková zařízení se však sériově nevyrábějí, a jsou bohužel jen zřídka předmětem zájmu amatérských konstruktérů. Popisované zařízení je určeno pro zapínání a vypínání elektrických spotřebičů (například televizor, rozhlasový přijímač, světlo, ventilátor), které může ovládat osoba, postižená např. ochrnutím všech končetin, pomocí jediného spínače pneumaticky ovládaného dechem.

Blokové schéma zapojení přístroje je na obr. 96. Funkci zařízení řídí taktovací generátor, v jehož rytmu se přepíná posuvný registr. Do tohoto registru se přivádějí pomocné řídicí signály z obvodu nastavení a nulování. Výstupy posuvného registru ovládají klopné obvody, jejichž stav opticky indikují diody LED. Tyto klopné obvody zapínají nebo vypínají triakové výkonové stupně, používané pro ovládání spotřebičů.

Povelový signál pro změnu stavu spotřebiče se získává sepnutím kontaktu, který je pneumaticky ovládan dechem obsluhující osoby. Po sepnutí kontaktu spustí monostabilní klopný obvod, jehož výstupní impuls se přivádí na vstup všech klopných obvodů, ovládajících výkonové stupně. Povelový signál pro změnu stavu určitého spotřebiče je třeba vydat v okamžiku, kdy svítí příslušná dioda LED, indikující, že ten či onen spotřebič je možné ovládat. V tomto okamžiku se totiž na vstup příslušného klopného obvodu přivádí signál úrovně log. 1 z výstupu posuvného registru. Přivede-li se na vstup tohoto klopného obvodu výstupní impuls monostabilního klopného obvodu, připojí nebo odpojí se příslušná zátěž (odpojení nebo připojení závisí na stavu paměti klopného obvodu).

Podrobné schéma zapojení je uvedeno na obr. 97. Integrovaný obvod posuvného registru IO, určuje, který ze čtyř spotřebičů bude ovládan sepnutím kontaktu S<sub>1</sub>. Jde o pětibitový registr, obsahující pět klopných obvodů typu R-S master-slave. Všechny klopné obvody je možné současně nastavit na úroveň log. 0, přičemž uvolňovací vstup nastavení S musí být v neaktivním stavu (úroveň log. 0). Když se na vstup nastavení přivede úroveň log. 1, dojde k paralelnímu přenosu informace ze vstupů na výstupy. V našem případě jsou, kromě vstupu A (vývod 2), který je na úrovni log. 1, ostatní vstupy (vývody 3, 4, 6 a 7) připojeny k úrovni log. 0. Proto při prvním taktova-



Obr. 97. Elektronický přepínač – schéma zapojení

cím impulsu je výstup A (vývod 15) ve stavu log. 1 a tato informace se posouvá při příchodu každého dalšího taktovacího impulsu doprava, tedy na další výstupy.

Funkce nastavení a nulování plní obvod s tranzistorem  $T_1$ , který po zapnutí přístroje přivádí na nulovací vstup (vývod 16) úroveň log. 0 a na vývod nastavení (vývod 8) úroveň log. 1. Taktovací impulsy produkuje generátor sestavený ze dvou hradel NAND obvodu  $IO_3$ , zapojených jako inventory. Jejich kmitočet je nastaven asi na 0,5 Hz.

K výstupům posuvného registru jsou připojeny svítivé diody ( $D_1$  až  $D_4$ ), ukazující, který z výstupů je ve stavu log. 1. Kromě toho se jednotlivé výstupní signály posuvného registru přivádějí vždy na jeden ze vstupů příslušného hradla NAND obvodu  $IO_4$ . Druhý vstup všech těchto hradel je připojen k výstupu monostabilního klopného obvodu  $IO_2$ , ovládaného spínačem  $S_1$  (pneumatikou ovládaný kontakt). Tento monostabilní klopný obvod zajišťuje, že bez ohledu na přechodové překmity pneumatického kontaktu a dobu jeho sepnutí je na výstupu obvodu generován jen jeden impuls o délce kolem 100 ms. Tento impuls společně s výstupním napětím posuvného registru způsobí, že výstup hradla, které má na obou vstupech úroveň log. 1, přechází do stavu log. 0. Výstupní signály těchto hradel se přivádějí na vstupy řadiče, sestaveného z klopných obvodů  $IO_5$  a  $IO_6$ . Když je na výstupu některého z hradel úroveň log. 0, mění se stav příslušného klopného obvodu. Výstup klopného obvodu ovládá triaky  $TC_1$  a  $TC_2$  prostřednictvím budících tranzistorů  $T_2$  až  $T_5$ . Když je výstup klopného obvodu ve stavu log. 0, je tranzistor uzavřen a nepropouští budící proud triaku. V tomto stavu je zátěž vypnuta. Přechází-li výstup klopného obvodu do stavu log. 1, přechází tranzistor do saturace, triak se otevírá a zátěž je připojena k síti. Kolektorové odpory tranzistorů  $T_2$  až  $T_5$  omezují budící proud asi na 35 mA. Triaky je třeba volit podle předpokládaného odběru proudu zátěží.

K napájení přístroje je možné použít jakýkoli stabilizovaný napájecí zdroj s vý-

stupním napětím 5 V. Při konstrukčním řešení podle běžných zásad byl přístroj rozdělen na čtyři desky – na jedné byly digitální obvody, na druhé obvody s diodami LED, na třetí zdroj a na čtvrté výkonové stupně. Všechny desky byly umístěny ve společné přístrojové skříni. Při konstrukci je třeba věnovat pozornost návrhu a provedení pneumatického spínače, jehož spolehlivá funkce je pochopitelně podmínkou spolehlivého provozu zařízení a jeho přizpůsobení možnostem obsluhující osoby. Je možné použít trubku z plastické hmoty o průměru asi 5 cm, ve které je vestavěna pryžová membrána, nesoucí pohyblivý kontakt. Tato trubka je na jedné straně vzduchotěsně spojena s hadičkou z plastické hmoty, která vede k obsluhujícímu, na druhé straně je dvoulinkou vyveden pohyblivý a pevný kontakt, tvořící spínač, na vstup přepínacího zařízení. Při konstrukci je třeba přihlížet k možnostem uživatele zařízení, a to například při nastavení základního kmitočtu, určujícího dobu pro vydání ovládacího impulsu, ale také při konstrukci ovládacího kontaktu, který může být zkonstruován i na zcela odlišném principu (například snímač senzorového typu). Antenna, červen 1980

### Automatizace zalévání skleníku

Při pěstování rostlin je důležité nejen dodržovat teplotní režim, ale i potřebnou

vlhkost. Popisované zařízení používá k regulaci vlhkosti čidlo, které je zhotoveno zalitím dvou uhlíkových tyčinek do epoxidové pryskyřice. Tyčinky jsou k zařízení připojeny dvoulinkou, a jsou za provozu umístěny tak, že jejich horní konce jsou v rovině s plochou odlitku, na kterou dopadá při zalévání voda (případně na které se usazuje kondenzovaná voda). Přístroj tedy neřídí zalévání podle vlhkosti země.

Zapojení přístroje je na obr. 98. Čidlo je připojeno mezi kladný pól napájení a vývod 2 časovacího obvodu  $IO_1$  typu 555. Je-li povrch čidla pro snímání vlhkosti suchý, bude na vývodu 3 obvodu  $IO_1$  kladné napětí po dobu, která závisí na volbě  $R_2$  a  $C_2$ . Tím se otevře triak, ovládající elektrický ventil přívodu vody, napájený síťovým napětím. Na tomto místě je třeba důrazně upozornit na nutnost dodržet bezpečnostní normy při zapojování a používání tohoto zařízení.

Stříkající voda dopadá na vhodně umístěné čidlo a po dokončení cyklu časovacího obvodu je napětí na vývodu 2  $IO_1$  již tak kladné, že zabrání startu nového cyklu časovacího zařízení, a to dokud se voda na povrchu čidla neodpaří. Během doby, po níž je přívod vody zamezen, je na vývodu 3 záporné napětí a LED je rozsvícena.

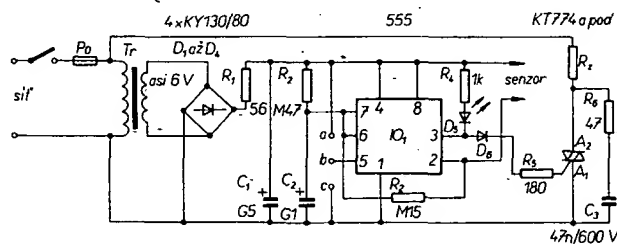
Když je třeba změnit dobu trvání průtoku vody, je možné využít dvou řešení. Při prvním z nich se pomocí přepínače připojuje odpor 500  $\Omega$  z bodu „b“ do bodu „a“, nebo do bodu „c“. Druhou, dokonalejší možností je nahradit odpor  $R_2$  deseti odpory v sérii tak, aby jejich celkový odpor byl kolem 500 k $\Omega$ . Pro přepínání jednotlivých odporů je možné použít jedenáctipolový přepínač, je však třeba zajistit, aby při přepínání byl odpor  $R_2$  minimálně 10 k $\Omega$ .

Zapojení je napájeno z nestabilizovaného síťového zdroje napětím asi 9 V. Je samozřejmě možné použít stabilizovaný zdroj a při kolísání síťového napětí bude pak dokonalejší. Při zapojování přístroje nezapojujte odpor  $R_1$ . Oživovat a zkoušet přístroj je pak možné pouze s napájecím napětím z baterie 9 V, připojené provizorně ke kondenzátoru  $C_1$ . Kousek navlhčeného papíru, přiloženého na snímač vyvolá průběh jednoho cyklu a dioda LED, zůstane rozsvícena, dokud se navlhčený papír ze snímače neodstraní. Při jeho dalším přiložení začíná vždy nový cyklus. Umístění čidla při praktickém použití a nevhodnější dobu otevření vodního ventilu je třeba vyzkoušet v konkrétních podmínkách.

Practical Electronics, říjen 1976

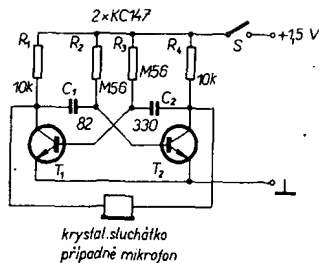
### Elektronický odpuzovač komárů?

V literatuře je možné se setkat s rozpornými názory na otázku účinnosti zařízení tohoto druhu. Byla sice realizována řada měření, nepodařilo se však dojít k jednoznačnému výsledku a závěru. Přesto se přístroje pro odpuzování komárů



Obr. 98. Automatizované zalévání





Obr. 99. Elektronický odpuzovač komárů

rů komerčně vyrábějí, prodávají a kupují, jsou předmětem patentů, měření, zkoušek, výzkumů a různých teorií. Zkoumá se chování komárů samic a samečků, jejich reakce na různou výšku tónů atd. Většina vyráběných zařízení vydává vysoký tón, který má odpuzovat agresivní samičky komárů. Popisované zařízení je velmi jednoduché, a v tom případě, že jeho účinnost nebude dostatečná, nedojde k velké časové ani finanční újmě.

Schéma zapojení na obr. 99 ukazuje obyčejný astabilní multivibrator, z jediného článku o napětí 1,5 V. Jako akustický měnič se používá výbrus z krystalového sluchátka. S hodnotami součástek uvedenými ve schématu, je je kmitočet generovaného tónu kolem 5 kHz. Tento kmitočet se v podobných zařízeních používá nejčastěji. Změnit kmitočet je jednoduché: stačí změnit  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $R_2$  a  $R_3$ . Poměr kapacit kondenzátorů  $C_1$  a  $C_2$  je 1:4. Tento poměr byl zvolen záměrně, protože při klíčovací poměru 25 % má výstupní signál větší obsah harmonických, než při symetrickém průběhu.

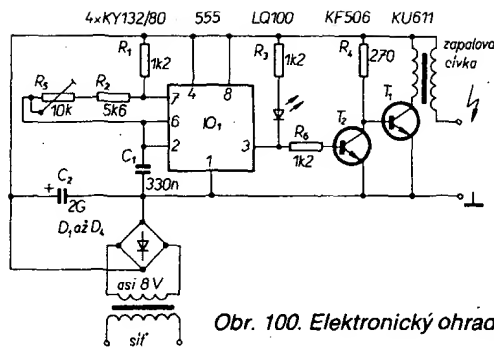
*Elektronika, červen 1980*

## Elektronický ohradník

Popisované zařízení je obdobou známých elektrických ohradníků, které byly původně konstruovány pro vymezení prostoru k pasení dobytka a využívaly drátů, umístěných kolem hlídaného prostoru, napájených vysokého napětí. V popisovaném zařízení se používá elektronický generátor budících impulsů. Zařízení má jinak v použití stejné vlastnosti a jako již používané typy.

Přesto, že se v původním prameni uvádí, že zařízení používá napětí, která nemohou způsobit poškození lidského organismu a doporučují se i různé aplikace pro zabezpečení proti vniknutí nepovolaných osob (jako např. elektronický plot) atd., nelze s tímto stanoviskem v našich podmínkách souhlasit. Nebezpečí pro lidský organismus totiž závisí na řadě konkrétních podmínek, ovlivňujících protékající proud, a ty mohou být značně odlišné. Kromě toho může dojít k trvalému poškození zdraví i pouhým šokem z elektrického proudu – i minimální riziko je v těchto případech příliš velké.

Technické řešení elektrického ohradníku je zřejmé ze zapojení na obr. 100. Základním prvkem přístroje je integrovaný obvod IO, typu 555, zapojený jako astabilní klopný obvod. Generuje napětí pravoúhlého průběhu, jehož kmitočet je možné odporovým trimrem  $R_5$  nastavit v rozmezí asi 200 až 400 Hz. Impulzy se z výstupu 3 obvodu IO, přivádějí přes odpor  $R_6$  do báze tranzistoru  $T_2$ , a tento tranzistor přechází do saturace, když má výstupní signál IO, úroveň H. Tím se zavírá



Obr. 100. Elektronický ohradník

tranzistor  $T_1$ , a primárním vinutím vn transformátoru (automobilová zapalovací cívka) proud neprochází. Přestane-li vést tranzistor  $T_2$  vzhledem k malé úrovni výstupního napětí IO, tranzistor  $T_1$  se otevírá a primárním vinutím vn transformátoru prochází proud. Tyto proudové změny v primárním vinutí transformátoru indukují do sekundárního vinutí napětí, úměrné poměru počtu závitů primárního a sekundárního vinutí. Protože je tento poměr značný, je na výstupu vn transformátoru napětí dosahující několika kV, výstupní proud je však nepatrný.

Bude-li výstupní napětí IO, malé, rozsvítí se dioda LED, jejíž proud je omezen odporem  $R_3$ . Dioda indikuje činnost přístroje, při vyšších kmitočtech než asi 10 Hz se její svit objeví jako trvalý.

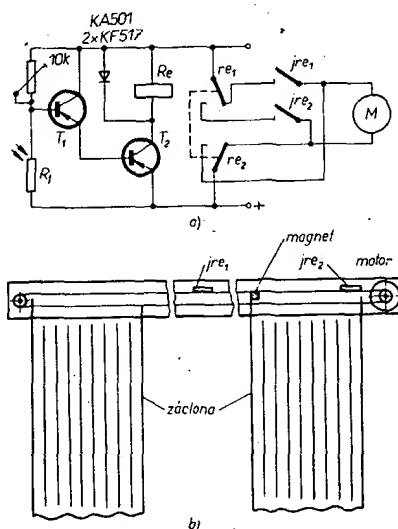
Obvod je možné napájet stejnosměrným napětím 6 až 12 V. Při 12 V se dosahuje většího výkonu přístroje. V místech, kde není k dispozici síť, je možno používat napájení z baterií. Ve schématu je však zakresleno napájení běžným síťovým zdrojem, což je s ohledem na odběr přístroje a předpokládaný dlouhodobý provoz vhodnější.

*Electronica Popular, srpen 1980*

## Obvod pro automatické ovládání záclon

Popisované zařízení je navrženo pro automatické zatažení záclon při zmenšení osvětlení pod stanovenou úroveň. Může současně zapínat osvětlení místnosti. Jako čidlo úrovně osvětlení se používá fotoodpor zapojený na vstupu jednoduchého stejnosměrného vázaného zesilovače, který spíná relé.

Ze zapojení na obr. 101 je zřejmé, že fotoodpor tvoří spolu s potenciometrem



Obr. 101. Obvod pro automatické ovládání záclon

10 kΩ dělič, připojený k bázi tranzistoru  $T_1$ . Při běžném denním osvětlení je odpor fotoodporu poměrně malý a tranzistor je tedy vybuzen jen málo, proto jím protéká jen velmi malý kolektorový proud. Při poklesu úrovně osvětlení se odpor fotoodporu zvětšuje, tím se zvětšují i napětí báze a kolektorový proud  $T_1$ , který budi bázi  $T_2$ . Bude-li kolektorový proud  $T_2$  dostatečně velký, přitáhne relé Re (relé může být libovolného, dostatečně citlivého typu s dvěma prepínacími kontakty). Během dne jsou kontakty relé rozpojeny, při setmění na úroveň, určenou nastavením potenciometru 10 kΩ, kontakty sepnou a zapíná se motor. Použitý motor musí mít výkon potřebný pro spolehlivé ovládání záclon a musí umožňovat reverzaci otáčení při obrácení polarity napájecího napětí. Použité kontakty z jazyčkového relé (je jsou rozpinacího typu, na rozdíl od běžných kontaktů spinacích. Spinací kontakt lze upravit na rozpinací umístěním magnetu (v blízkosti kontaktu) polarizovaného tak, že relé sepnou. Pohyblivým magnetem s opačnou polarizací se pak působení magnetu zruší, a kontakt se rozpojí.

Když tedy relé sepnou, motor zatahuje záclonu (viz obr. 101b). Dostane-li se záclona do středu okna, kde je umístěn kontakt  $jre_1$ , magnet upevněný k zácloně kontakt rozpojí a záclona zůstává zatažena, motor se vypne. Po rozpojení kontaktu (při dosažení úrovně denního světla) se na motor přivádí napětí opačné polarity, záclona se otevírá, a magnet, upevněný k zácloně, rozpojí kontakt  $jre_2$  na okraji okna, a záclony zůstávají roztaheny.

Popsané zařízení může ovládat i několik záclon na různých oknech, přičemž každé okno musí být opatřeno vlastní motorovou jednotkou. Je ho samozřejmě možné doplnit o další jazyčkové kontakty a spínat, případně vypínat vnitřní osvětlení současně s ovládáním záclon.

Fotoodpor je umístěn vně na okně tak, aby nebyl vystaven přímému slunečnímu svitu, případně vlivu pouličního osvětlení.

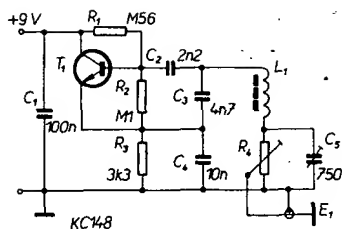
Prototyp zařízení byl použit pro zatahování záclon mikrobuse, používaném jako obytný automobil. Zařízení je možné napájet ze síťového zdroje, typ motoru musí odpovídat velikosti záclon. Motory pro ovládání se mohou napájet přímo ze sítě, je však třeba dodržet požadavek možnosti reverzace.

*Electronics Australia, únor 1970*

## Detektor přiblížení

Popisovaný detektor používá principu změny elektromagnetického pole, vyvolané přítomností cizího předmětu (případně osoby) mezi dvěma elektrodami, nebo změnou vzdálenosti mezi těmito elektrodami. Použitý princip umožňuje používat přístroj univerzálně a přizpůsobit ho požadavkům všech běžných aplikací.





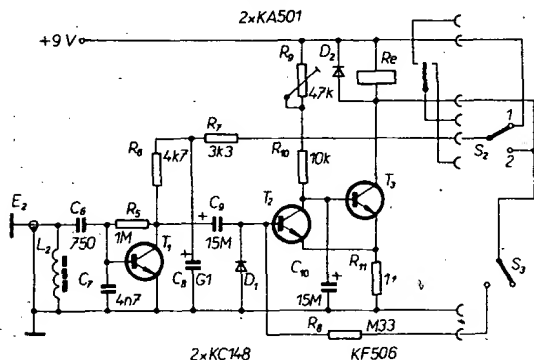
Obr. 102. Detektor přiblížení – vysílač

ci. Zařízení se skládá ze dvou částí – přijímače a vysílače s připojenými elektrodami, mezi nimiž se mění kapacita vlivem přiblížení detekovaného objektu. Na výstupu přijímače je relé, které registruje signály buď v impulsním, nebo paměťovém režimu.

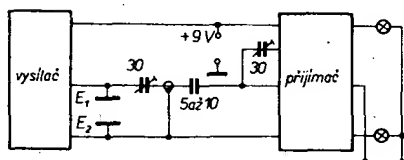
Vysílač používá Colpittsovův oscilátor, který má dobrou kmitočtovou stabilitu. Zapojení je na obr. 102. Používá křemikový tranzistor a pracuje v kmitočtovém pásmu 20 až 40 kHz. Volba tohoto kmitočtového pásma vycházela ze dvou hledisek: nerušit příjem rozhlasu na dlouhých vlnách, ale současně pracovat na dostatečně vysokém kmitočtu, aby se maximálně využilo „kapacitního efektu“. Kondenzátor  $C_5$  s nastavitelnou kapacitou umožňuje nastavit kmitočet vysílače. Pomocí potenciometru  $R_4$ , zapojeného paralelně k  $C_5$ , se odebírá část výstupního napětí, které se přivádí souosým kabelem na elektrodu  $E_1$ . Tato vazba méně tlumí oscilační obvod a příznivě ovlivňuje kmitočtovou stabilitu.

Při nastavení kmitočtu na 20 kHz pomocí  $C_5$  je maximální odběr proudu 1,5 mA při napájecím napětí 9 V. Napětí na  $R_3$  je přitom asi 5 V. Použité kapacity kondenzátorů v laděném obvodu oscilátoru, určujících kmitočet ( $C_3$ ,  $C_4$  a  $C_5$ ) odpovídají indukčnosti cívky  $L_1$  asi 0,9 H. Této indukčnosti je možné při použití vhodného feritového hrníčku dosáhnout poměrně snadno.

Přijímač používá podobný laděný obvod jako vysílač a pracuje na stejném kmitočtu (zapojení viz obr. 103). Část napětí na laděném obvodu se odebírá z kapacitního děliče z  $C_6$  a  $C_7$ , takže laděný obvod je vstupní impedancí tranzistoru  $T_1$  tlumen minimálně. Zesílené napětí se odebírá z kolektoru  $T_1$  a kapacitní vazbou



Obr. 103. Detektor přiblížení – přijímač



Obr. 104. Detektor přiblížení – celkové zapojení

přes  $C_6$  se přivádí na usměrňovací diodu  $D$ , a bázi  $T_2$ . Stejnsměrné napětí, které se tak dostává na bázi  $T_2$ , udržuje klopný obvod ( $T_2$  a  $T_3$ ) ve stavu, kdy  $T_2$  je saturován a  $T_3$  je uzavřen. Relé  $Re$  tedy není přitaženo, když však napětí na bázi  $T_2$  zmizí, pak  $T_3$  vede a relé  $Re$  přitáhne.

Klopný obvod tvořený tranzistory  $T_2$  a  $T_3$  překlápá, když je na bázi  $T_2$  „kladnější“ napětí než na emitorech, a vrací se do původní polohy, když se napětí na bázi  $T_2$  opět zmenší.

V případě, kdy je v dané aplikaci vhodné uchovávat informaci o přiblížení, je možno dosáhnout, aby relé neodpadlo po skončení vstupního impulsu, ale zůstalo přitaženo. Použije-li se zapojení, ve kterém přiblížení objektu způsobí přitažení relé, dosáhne se paměťové funkce přepnutím přepínače do polohy 2, v níž  $T_1$  není napájen (a relé tedy zůstane sepnuto). V zapojení, v němž je v klidovém stavu relé přitaženo a přiblížení objektu způsobí odpadnutí jeho kotvy, lze paměťové funkce dosáhnout sepnutím dalšího spínače. Odpadne-li kotva relé, přivádí se na bázi  $T_2$  kladné napětí (přes přepínač  $S_3$ ). Přepínací kontakty relé je možné využít pro indikaci stavu žárovkami, pro ovládání počítadla atd., podle podmínek a požadavků použití.

Univerzálnost použití detektoru lze ukázat na několika příkladech. Jde-li o detekci vodivých objektů spojených se společnou elektrickou kostrou přijímače a vysílače, jde o potlačení elektromagnetického pole a relé spíná. Když je detekovaný objekt vodivý, ale není spojen s kostrou, klidová kapacita mezi elektrodami se přiblížením tohoto předmětu zvětší. Toto zvětšení lze zaregistrovat odpadnutím relé. Mez odpadnutí relé se nastaví v přítomnosti objektu mezi elektrodami pomocí potenciometru  $R_4$ .

Když je detekovaný předmět z izolantu, pak při jeho permivitivě (dielektrické konstantě) větší než 1 (což platí pro většinu plastických hmot a izolantů) lze přístroj uvést v činnost na základě zvětšení kapa-

vysílače i přijímače naladěných přídavnými kondenzátory tak, aby se zavedením objektu mezi elektrody  $E_1$  a  $E_2$  zmenšilo napětí na vstupu přijímače, které se projeví sepnutím relé.

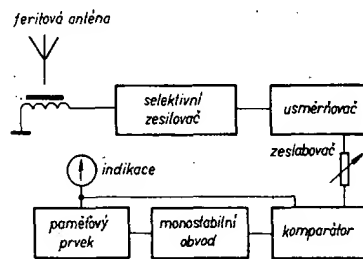
Přístroj je možné použít také při hlídání plamene. Když je plamen umístěn mezi elektrodami, jeho silná ionizace se podobá vlivu vodivého předmětu – „vazební kapacita“ mezi elektrodami je velká. Když plamen zhasne, dojde k podobnému jevu, jako při vzdálení vodivého předmětu z prostoru mezi elektrodami.

Pokud se pro funkci zařízení využívá změny vzdálenosti elektrod, je nezbytné použít pro připojení elektrod souosý kabel. Pro dobrou funkci zařízení je také nutné zamezit přímé vazbě mezi vysílačem a přijímačem, která zmenšuje účinnost kapacitní vazby mezi spínacími elektrodami.

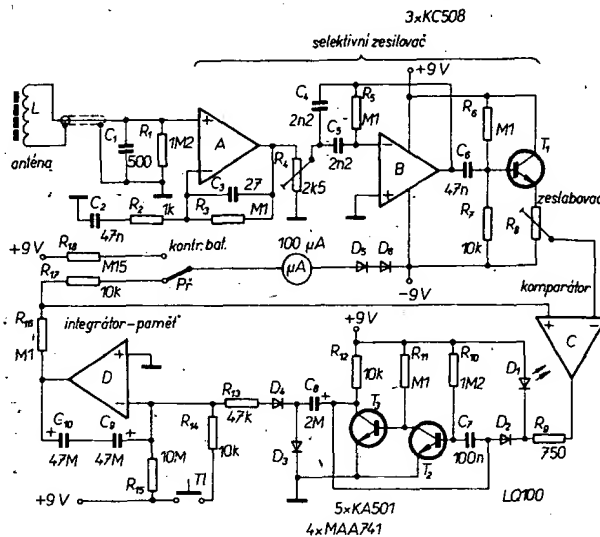
Le Haut Parleur č. 1392

## Indikátor bouřkové činnosti

Zvětšování vlhkosti vzduchu v horkých letních dnech je jedním z příznaků blížící se bouřky. Na blížící se bouřku je také možno usuzovat z typických poruch v příjmu dlouhých a středních vln, působených širokopásmovým impulsním signá-



Obr. 105. Indikátor bouřkové činnosti – blokové schéma



Obr. 106. Indikátor bouřkové činnosti – zapojení

city. Je však možné detekovat i opačnou změnu, k níž dochází, když předmět, který je v běžném stavu mezi elektrodami, tuto polohu opouští. Kromě nejpoužívanějšího uspořádání (rovnoběžné elektrody, umístěné proti sobě v určité vzdálenosti), je možné umístit elektrody v jedné rovině vedle sebe, a to pro detekci vodivých předmětů, které nejsou spojeny s kostrou.

Je také možné použít zajímavou variantu zapojení podle obr. 104, při níž je

lem, vznikajícím při každém bleskovém výboji. Toto charakteristické praskání, „atmosféricky“, umožňuje podle odhady a četnosti poruch velmi přibližně odhadovat vzdálenost a intenzitu bouřky.

Popisovaný přístroj dovoluje určit

bouřkovou činnost přesněji, než jak je možné sledováním rozhlasového příjmu. Protože bleskové výboje v přírodě mají často délku několika tisíc metrů, jsou současně dobrými vysílací impulsních signálů v oblasti dlouhých a velmi dlouhých vln. Elektromagnetické pole, které při výboji vzniká, má velmi široké spektrum kmitočtů a šíří se na vzdálenosti stovek kilometrů (ve formě hvězdů i na vzdálenosti desítek tisíc kilometrů prostřednictvím magnetosféry) a pro jeho příjem jsou nevhodnější přijímače pro velmi dlouhé vlny. Největší intenzita poruchových signálů je v kmitočtovém pásmu kolem 10 kHz, proto byl popisovaný přístroj navržen pro toto pásmo. Přístroj reaguje také na signály rušení, vznikající při jiskrových výbojích v domácích spotřebičích, nebo v automobilech. Použití přístroje tedy není omezeno jen na letní bouřkové období.

Na obr. 105 je blokové schéma zapojení přístroje. Feritová anténa se speciálním vinutím přijímá poruchové signály, které se zesílují dvoustupňovým selektivním zesilovačem (zesilovače A a B v pásmu 10 kHz). Pak se signál usměrňuje tranzistorovým detektorem  $T_1$  (obr. 106). Usměrněný signál se přes zesilovač přivádí na komparátor (C), na němž se přiváděný signál porovnává s předcházejícím, již indikovaným signálem, uloženým v paměti integrátoru D.

Mezi komparátorem (C) a integrátorem (D) je zapojen monostabilní klopný obvod s pevně nastavenou šířkou impulsu. Ručka měřicího přístroje se tedy vychyluje skokově v digitálních krocích. Použití monostabilního klopného obvodu je pro funkci přístroje důležité, zajišťuje totiž, aby indikaci neovlivňovala doba trvání impulsu, protože ta nedává žádnou informaci o vzdálenosti.

Tak například ojedinělý blízký blesk spustí monostabilní klopný obvod jen jednou (rozsvítí se přitom dioda LED<sub>1</sub>), ručka měřicího přístroje se vychylí o jeden krok doprava, tam zůstane stát a „čeká na další blesk“. K tomu, aby se dostala do středu stupnice, je tedy třeba vždy větší počet blesků. Zařízení ukazuje průměrný počet blesků v různých vzdálenostech od přístroje.

Při určité zkušenosti s používáním přístroje je pak možné podle polohy ovládacího prvku zesilovače  $R_6$  odhadnout vzdálenost středové oblasti bouřky a opatřit  $R_6$  stupnicí (platnou pro dosažení výchylky ručky měřidla do středu stupnice), např. blízká oblast 0 až 50 km, vzdálená oblast 100 až 200 km.

Přepínač P<sub>1</sub> se používá pro kontrolu stavu baterií. Odpor  $R_{10}$  by měl být volen tak, aby při nových bateriích měla ručka měřidla plnou výchylku.

V bouřkovém počasí se nastavuje  $R_6$  na maximální citlivost. Pokud se ručka přístroje nevychylí, pak může dojít jen k přehánce, nebo dešti bez elektrických výbojů. Když se však výchylka ručky skokově zvětšuje, pak se v atmosféře „něco děje“. Zesilovač je pak třeba nastavovat postupně tak, aby se ručka nevychýlovala dále než do středu stupnice, abychom dosahovali porovnatelných údajů. Podle stupnice u  $R_6$  je možné odhadnout relativní vzdálenost výskytu blesků. Pomocí mazacího tlačítka se dá uvolnit paměť, ručka měřidla přitom přechází současně do nulové výchozí polohy.

Jak se postupně bouřka blíží, blíká dioda LED stále častěji a ručka se dostává do středu stupnice rychleji. Citlivost při-

stroje je třeba při měření měnit – pokud zjistíme, že  $R_6$  je třeba nastavovat na větší citlivost přístroje, aby přístroj ukazoval, pak již zřejmě bouřka minula naši oblast a vzdaluje se.

Při používání přístroje se vzhledem k jeho velké citlivosti registrují i statické výboje mezi rukou operátora a přístrojem. To může zkreslit výsledky měření. V takových případech je třeba stisknout mazací tlačítko, a pak se již kovových částí přístroje krytu přístroje nedotýkat.

Feritová anténa, použitá v prototypu přístroje, měla průměr 8 mm a délku 140 mm. Bylo na ni navinuto 2000 závitů drátu o  $\varnothing$  0,3 mm CuL. Konce vinutí se zajistí lepicí páskou, pro ochranu vinutí lze použít „smršťovací“ izolační trubičku podobného typu, jaký se používá pro izolaci elektrolytických kondenzátorů.

Přístroj je třeba před používáním nastavit. Nastavování se začíná při střední poloze běžce  $R_4$ . Na vstup přístroje se přivádě z nízkofrekvenčního generátoru signál 10 kHz o amplitudě několika mV. Na výstupu zesilovače B se podle připojeného osciloskopu nastaví změnou polohy běžce  $R_4$  maximální amplituda signálu. Je však třeba dbát na to, aby běžec  $R_4$  byl nastaven zhruba do středu odporové dráhy, jinak by zesilovač B mohl zakmitávat. Případné kmitání by se projevilo trvalou výchylkou ručky měřidla. Přístroj je možné v nouzi nastavit i bez osciloskopu. Běžec  $R_4$  se nastaví na maximální výchylku ručky měřidla. Přitom je však třeba používat jen velmi malý vstupní signál, protože jinak se může přebudit zesilovač B.

Zvětšením odporu  $R_3$  je možné zvětšit citlivost přístroje, zvětší se tím však současně i úroveň rušení, takže ručka přístroje se vychylí již při pouhém doteku ruky.

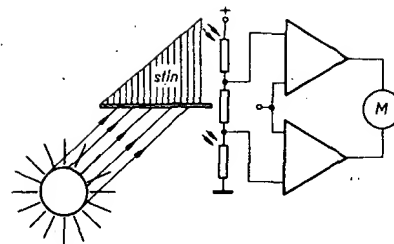
Pro napájení přístroje se používají dvě destičkové baterie 9 V, odběr je asi 5 mA. Celková šířka pásma zesilovačů A a B je 1 kHz, zesilovač činitel je přibližně 2700. ELO č. 4/1980

### Zařízení pro sledování polohy Slunce

Sluneční energie zatím nemůže, zvláště v naší zeměpisné poloze, plně nahradit běžně používané zdroje energie. Menší množství energie je však již možné získat nejen pomocí tepelných výměníků, ale i využitím polovodičových slunečních článků. Pro plné využití sluneční energie je však třeba, aby na sluneční články (případně jiné převodníky energie) dopadalo sluneční záření kolmo. Protože se však slunce po obloze pohybuje (pánové Galilei a Kepler laskavě prominou), je pro dobrou účinnost zařízení třeba zajistit, aby použité panely s články sledovaly pohyb Slunce.

Zařízení pro sledování polohy Slunce se skládá z elektronické části a pohybového mechanismu, v popisovaném zařízení malého elektromotoru, ovládajícího držák slunečních článků. Jako měřicí čidlo se používá dvojice fotoodporů, zaměřených stejným směrem, které jsou však od sebe opticky odděleny. V rovnovážném stavu dopadá sluneční světlo na oba fotoodpory ve stejné intenzitě, motor pohonu je vypnut. Budou-li fotoodpory vlivem stínu optické oddělovací stěny vložené mezi oba fotoodpory osvětleny různě, přivádí se na elektromotor napětí, které způsobí změnu polohy panelů a obnovení rovnováhy. Schéma popsaného uspořádání je na obr. 107.

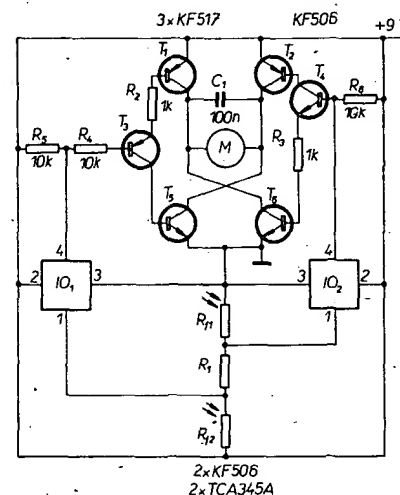
Schéma řídicího elektronického obvodu je na obr. 108. Obvod se skládá z tran-



Obr. 107. Schematické zapojení zařízení ke sledování polohy Slunce

zistorů  $T_1$  až  $T_6$ , uspořádaných v můstkovém zapojení. Motor je zapojen v úhlopříčce můstku. Dále se v zapojení používají dva komparátory  $IO_1$  a  $IO_2$ . Zařízení je napájeno ze slunečních článků. Komparátory použité v původním zapojení (pouze s jedním vstupem, protože referenční vstup je zapojen přímo v obvodu) pracují již od napájecího napětí 2 V při proudovém odběru několika mA.

Funkce zařízení je řízena výstupním napětím obou komparátorů. Když je na výstupech  $IO_1$  a  $IO_2$  úroveň L, vedou tranzistory  $T_1$ ,  $T_3$  a  $T_5$ . Tranzistory  $T_2$ ,  $T_4$  a  $T_6$  jsou uzavřeny, motor se otáčí doprava. V opačném smyslu se bude motor otáčet, má-li výstup obou komparátorů úroveň H. Má-li výstupní napětí  $IO_1$ , úroveň H a výstupní napětí  $IO_2$  úroveň L, pak



Obr. 108. Zapojení zařízení pro sledování polohy Slunce

je motor v klidu. Na malé odchylky intenzity osvětlení systém nereaguje, aby se zabránilo kmitání systému regulace kolem správné polohy, ke kterému by jinak vlivem setrvačnosti mohl dojít.

Pro pohon panelu slunečních článků o malých rozměrech stačí motor pro kazetové magnetofony, doplněný potřebnými převody. Takové motory pracují již od 2 V. Je také možné použít servomotor s vestavěným převodem, určený pro dálkové ovládání modelů. Aby fotoodpory mohly plnit svou funkci i při plném slunečním svitu, doporučuje se chránit je clonou s přiměřeným otvorem. Hodnotu odporu  $R_1$ , který určuje hysterezi systému, je třeba prakticky vyzkoušet tak, aby nastavená hystereze odpovídala setrvačnosti pohonného systému. Velikost napájecího napětí je omezena maximálním napájecím napětím obvodu  $IO_1$  a  $IO_2$ . Zařízení je třeba napájet z vhodné odbočky na sériové kombinaci slunečních článků. Popsaný princip je možné použít i pro konstrukci výkonnějšího pohonu pro ovládání výkonnějšího systému. Elektor, červenec/srpen 1979